



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ESCUELA  
POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y  
ENERGÍA



Trabajo Fin de Grado

# **PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO DE 50 KW EN LAS INSTALACIONES DE LA PISCINA MUNICIPAL DE RENEDO DE PIÉLAGOS**

## **PHOTOVOLTAIC INSTALLATION PROJECT FOR SELF- CONSUMPTION OF 50 KW IN THE FACILITIES OF THE MUNICIPAL POOL OF RENEDO DE PIÉLAGOS**

Para acceder al título de:

**Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos**

**Autor:** César Blanco Portilla

**Director:** Juan Carcedo Haya

**Convocatoria:** Septiembre 2.021



## **AGRADECIMIENTOS**

Han pasado varios años desde que comencé esta singladura. Hubo muchos momentos duros, de mucho trabajo e intensidad. También los hubo divertidos, apasionantes e inolvidables. En mi recuerdo siempre estarán todos y cada uno de los compañeros, profesores, personal de la facultad y otras personas que compartieron conmigo, en mayor o menor medida, esos buenos y malos momentos.

Pero sin duda, el agradecimiento más sincero es a mi familia. Por ser el pilar sobre el que me asiento.

A mis padres, por dármele todo y permitirme el lujo de poder seguir siendo ese soñador que soy. A Álvaro, por sus lecciones de vida. A mis abuelos, por el esfuerzo de su vida y la gratitud de su recuerdo. A Joaquín, Cris, Nora, Vega, Amaya, Óscar, Carla y Enzo, por ser siempre la alegría de Tito. A los Lelos, por cuidarme tan bien siempre y en todo momento.

A Cristina, porque eres el amor de mi vida y compartes conmigo los buenos y malos momentos, por ser mi “refugio” cada vez que el temporal arrecia. Tú eres yo. A Chito, mi bombón de chocolate. Finalmente, a mis hijos, Victoria y Mateo. Porque vosotros sois el futuro y tenéis una gran responsabilidad. Porque sois preciosos y papá os quiere más que nada.

*“Las grandes obras son hechas no con la fuerza, sino con la perseverancia”.*

Samuel Johnson.



## **INDICE**

<b>1.</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>	<b>11</b>
1.1.	OBJETO DEL PROYECTO. ....	12
1.2.	DATOS ADMINISTRATIVOS. ....	13
1.3.	EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	13
1.4.	REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS.....	13
1.5.	SITUACIÓN ACTUAL. ....	14
1.6.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR. ....	15
1.6.1.	Descripción del funcionamiento.....	15
1.6.2.	Componentes de la instalación. ....	18
1.6.2.1.	Generación solar.....	18
1.6.2.2.	Inversor DC/AC.....	19
1.6.2.3.	Cuadro de protecciones.....	20
1.6.3.	Instalación eléctrica.....	20
1.7.	INFORME DESIGNER DE LA INSTALACIÓN. ....	21
1.8.	JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).....	30
1.8.1.	Cumplimiento de la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica. 30	
1.8.2.	Cumplimiento del código técnico durante las obras.....	30
1.8.3.	Cumplimiento del decreto 65/210 de Cantabria. ....	31
1.9.	CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	31
1.10.	PLAZOS.....	31
<b>2.</b>	<b>PLANOS. ....</b>	<b>32</b>
2.1.	LOCALIZACIÓN. ....	33
2.2.	CROQUIS PLANTA. ....	34
2.3.	CROQUIS EQUIPOS. ....	35
2.4.	ESQUEMA ELÉCTRICO.....	36
2.5.	ESQUEMA DE TIERRAS.....	37



<b>3.</b>	<b>ANEJOS A LA MEMORIA.</b>	<b>38</b>
3.1.	FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS.	39
3.1.1.	Módulo fotovoltaico.	39
3.1.2.	Inversor.	44
3.1.3.	Optimizador.	47
3.2.	CÁLCULOS.	49
3.2.1.	Cálculo de la producción solar.	49
3.2.2.	Cálculos eléctricos.	50
3.2.2.1.	Elementos de protección de la instalación.	56
3.2.2.2.	Puesta a tierra de la instalación.	59
3.3.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAREGE.	60
3.3.1.	Cuestiones generales.	60
3.3.1.	Consideraciones de diseño del sistema Solaredge.	64
3.3.2.	Descripción del funcionamiento del sistema.	65
3.3.2.1.	Despertar del sistema.	66
3.3.2.2.	Durante el proceso de producción.	66
3.4.	PARÁMETROS DE SIMULACION - DESIGNER.	70
3.4.1.	Acceso a la web	71
3.4.2.	Creación del proyecto.	71
3.4.3.	Diseño 3D.	72
3.4.4.	Distribución de los módulos FV.	73
3.4.5.	Diseño eléctrico.	76
3.4.6.	Análisis financiero.	81
3.4.6.1.	PARÁMETROS FINANCIEROS.	81
3.4.6.2.	Consumo de energía.	84
3.4.6.3.	Precio del sistema.	85
3.4.6.4.	Lista de materiales (BOM).	86
3.4.6.5.	Consumo de energía y tarifa de exportación.	87
3.4.6.5.1.	Propiedades de la tarifa:	87
3.4.6.5.2.	Tarifa de importación (precio de «compra»):	88
3.4.6.6.	Incentivos.	89





3.5.	RESULTADOS SIMULACIÓN - DESIGNER. ....	90
3.5.1.	RESUMEN DEL SISTEMA .....	90
3.5.2.	RESÚMEN FINANCIERO.....	90
3.5.3.	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN .....	91
3.5.4.	PRODUCCIÓN DEL SISTEMA Y CONSUMO .....	93
3.5.5.	ENERGÍA MENSUAL ESTIMADA .....	94
3.5.6.	MÓDULOS FV.....	94
3.5.7.	AHORRO ESTIMADO EN FACTURACIÓN .....	95
3.5.8.	ANÁLISIS FINANCIERO DETALLADO .....	95
3.5.9.	FLUJO DE CAJA ANUAL.....	96
3.5.10.	LISTA DE MATERIALES (BOM) .....	97
3.5.11.	DISEÑO ELÉCTRICO .....	98
3.5.12.	DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA .....	98
3.5.13.	PARÁMETROS DE LA SIMULACIÓN .....	99
3.6.	COMPROBACIÓN DATOS SIMULACIÓN – DESIGNER.....	101
3.6.1.	Introducción. ....	101
3.6.2.	PVGIS vs DESIGNER.....	101
3.6.3.	PVGIS vs PVsyst.....	107
3.7.	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	109
3.7.1.	Introducción. ....	109
3.7.2.	Identificación de residuos. ....	110
3.7.2.1.	RCDs de Nivel I. ....	110
3.7.2.2.	RCDs de Nivel II. ....	110
3.7.3.	Estimación de cantidad de residuos y tipo.....	110
3.7.4.	Medidas de segregación in situ previstas (clasificación / selección). ....	112
3.7.5.	Previsión de operaciones de reutilización.....	112
3.7.6.	Previsión de operaciones de valoración in situ de residuos generados. ....	113
3.7.7.	Destino previsto para residuos no reutilizables ni valorizables in situ. .	114
3.7.8.	Presupuesto.....	115
3.7.9.	Conclusión. ....	116



<b>4.</b>	<b>PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS. ....</b>	<b>117</b>
4.1.	OBJETO DEL PLIEGO.....	118
4.2.	DISPOSICIONES APLICABLES. ....	118
4.3.	DIRECCIÓN DE LAS OBRAS. ....	118
4.4.	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS. ....	119
4.5.	EQUIPOS Y MATERIALES. ....	119
4.5.1.	Generadores fotovoltaicos. ....	119
4.5.2.	Estructura soporte.....	119
4.5.3.	Inversores. ....	120
4.5.4.	Conductores.....	121
4.5.5.	Canalizaciones. ....	122
4.5.6.	Cuadro eléctrico y control. ....	122
4.5.6.1.	Construcción: ....	122
4.5.6.2.	Fusibles: ....	122
4.5.6.3.	Interruptores automáticos: ....	122
4.5.6.4.	Interruptores diferenciales: ....	123
4.5.6.5.	Contactores:.....	123
4.5.6.6.	Interruptores horarios: ....	123
4.5.6.7.	Bornas de conexión: ....	123
4.5.6.8.	Dispositivos de corte y protección:.....	124
4.5.7.	Instalación eléctrica.....	124
4.6.	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	124
4.6.1.	Generalidades.....	124
4.6.2.	Proyecto.....	125
4.6.3.	Planos y esquemas de las instalaciones. ....	125
4.6.4.	Acopio de materiales. ....	126
4.6.5.	Replanteo.....	126
4.6.6.	Acta de replanteo. ....	127
4.6.7.	Cooperación con otros contratistas. ....	127
4.6.8.	Protección.....	127
4.6.9.	Limpieza durante la obra. ....	127



4.6.10.	Ruidos y vibraciones. ....	127
4.6.11.	Accesibilidad. ....	128
4.7.	CRITERIOS DE MEDICIÓN. ....	128
4.7.1.	Generalidades. ....	128
4.7.2.	Medición y abono de las obras terminadas. ....	128
4.7.3.	Modificación y alteraciones del proyecto. ....	129
4.7.4.	Vicios o defectos de construcción. ....	129
4.7.5.	Materiales sobrantes. ....	129
4.7.6.	Reclamaciones. ....	129
4.8.	CONSIDERACIONES GENERALES. ....	129
4.8.1.	Subcontratos. ....	129
4.8.2.	Personal del contratista. ....	130
4.8.3.	Libro de obra. ....	130
4.8.4.	Plazo de ejecución de las obras. ....	131
4.8.5.	Permisos y licencias. ....	131
4.8.6.	Señalización de las obras. ....	131
4.8.7.	Precaución contra incendios. ....	131
4.8.8.	Responsabilidad del contratista en la ejecución de las obras. ....	131
4.8.9.	Conservación de paisaje. ....	132
4.8.10.	Limpieza final de las obras. ....	132
4.8.11.	Gastos de carácter general a cargo del contratista. ....	132
4.8.12.	Pruebas y puesta en marcha. ....	133
4.8.13.	Certificado de la instalación. ....	133
4.8.14.	Recepción. ....	134
4.8.15.	Plazo de garantía. ....	134
4.8.16.	Otras condiciones. ....	134
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. ....</b>	<b>136</b>
5.1.	INTRODUCCIÓN. ....	137
5.2.	OBLIGACIONES Y COMPROMISOS. ....	137
5.2.1.	Respecto a los deberes del empresario y del trabajador. ....	137



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en  
las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

5.2.2.	Respecto a los equipos de trabajo y medios de protección.....	138
5.3.	PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ACCION PREVENTIVA. ....	138
5.4.	CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA. ....	139
5.4.1.	Descripción de los trabajos.....	139
5.4.2.	Plazo de ejecución y mano de obra.....	140
5.4.3.	Riesgos en la obra.....	140
5.4.3.1.	Montaje de las instalaciones eléctricas. ....	140
5.4.3.2.	Montaje en locales interiores. ....	142
5.4.3.3.	Montaje de componentes. estructura, módulos solares, fijaciones, inversores solares. ....	143
5.4.3.4.	Medios auxiliares. ....	145
5.4.3.4.1.	Andamios en general.....	145
5.4.3.4.2.	Andamios de borriquetas.....	146
5.4.3.4.3.	Andamios metálicos tubulares.....	148
5.4.3.4.4.	Andamios metálicos sobre ruedas.....	150
5.4.3.4.5.	Escaleras de mano.....	152
5.4.3.5.	Máquina-herramienta y herramientas manuales. ....	154
5.4.3.5.1.	Máquina-herramienta en general.....	154
5.4.3.5.2.	Herramientas manuales. ....	156
5.4.3.6.	Albañilería.....	157
5.5.	CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN. ....	159
5.5.1.	Protección personal.....	159
5.6.	CONDICIONES TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA.....	159
5.7.	CONDICIONES TÉCNICAS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ....	160
5.8.	ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD EN LA OBRA. ....	162
5.8.1.	Comisión de seguridad. ....	162
5.8.2.	Seguros de responsabilidad civil y todo riesgo en obra. ....	162
5.8.3.	Formación.....	163
5.8.4.	Reconocimientos médicos.....	163
5.9.	OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS. ....	163
5.9.1.	De la propiedad. ....	163



5.9.2.	De la empresa constructora. ....	164
5.9.3.	De la dirección facultativa. ....	164
<b>6.</b>	<b>MEDICIONES Y PRESUPUESTO. ....</b>	<b>165</b>
6.1.	PRESUPUESTO DESGLOSADO. ....	166
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>170</b>

#### **ÍNDICE DE TABLAS.**

Tabla 1.1	Consumos mensuales de la instalación facilitados por la propiedad. ....	14
Tabla 1.2	Protecciones a utilizar en la instalación. ....	20
Tabla 3.1	Producción energía mensual promedio. ....	49
Tabla 3.2	Resumen de líneas - sección - caída tensión (%). ....	52
Tabla 3.3.	Tipo de sección/instalación bipolar. Fte. ITC-BT 19. ....	53
Tabla 3.4	Tipo de sección/instalación tripolar. Fte. ITC-BT 19. ....	53
Tabla 3.5	Elección de las protecciones. ....	58
Tabla 3.6	Factores de CO <sub>2</sub> y árboles plantados por País. Fte. EPA (United States Environmental Protection Agency). ....	92
Tabla 3.7.	Resumen irradiación / producción. Fte. PVIGS. ....	104
Tabla 3.8	Fte. ENERGY SIMULATION VALIDATION. SolarEdge Designer Review. (20 Sept 2.019). ....	106
Tabla 3.9	Estimación de residuos generados. ....	111
Tabla 3.10	Tn a superar para separación por fracciones. ....	112
Tabla 3.11.	Eliminación de elementos. ....	112
Tabla 3.12.	Operaciones previstas residuos. ....	113
Tabla 3.13.	Operaciones previstas residuos. ....	113
Tabla 3.14.	Destino residuos. ....	114
Tabla 3.15.	Presupuesto gestión de residuos. ....	116
Tabla 5.1	.....	164
Tabla 6.1.	Presupuesto desglosado. ....	166



### **ÍNDICE DE GRÁFICOS.**

Gráfico 3.1 Datos de producción de energía mensual promedio instalación. ....	50
Gráfico 3.2 Comportamiento del Vdc e Idc con sistema Safe DC. Fte. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> .....	64
Gráfico 3.3. Irradiación mensual sobre plano fijo. Fte. PVGIS.....	104
Gráfico 3.4. Producción energía mensual del sistema. Fte. PVGIS.....	104
Gráfico 3.5. Comparativa producción energía SOLAREGE vs PVGIS. ....	106
Gráfico 3.6. Irradiación mensual estimada plano fijo. Fte. PVGIS.....	108
Gráfico 3.7. Comparativa irradiación global plano inclinado PVGIS vs PVsyst. ....	108

### **ÍNDICE DE CUADROS.**

Cuadro 1.1 Vista aérea del complejo. Fte. Google Earth.....	12
Cuadro 1.2 Imagen optimizador P950, con entrada doble. Fte. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> .....	15
Cuadro 1.3 Factores externos causantes de pérdidas. Fte. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> ....	16
Cuadro 1.4 Instalación tradicional vs optimizadores SOLAREGE. Fte. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> .....	16
Cuadro 1.5 Inversor SE50K. Fte. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> .....	17
Cuadro 1.6 Ubicación campo fotovoltaico – vista en planta. Fte. software Designer. ....	18
Cuadro 1.7. Ubicación campo fotovoltaico – inclinación. Fte. software Designer...	19
Cuadro 1.8 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.....	21
Cuadro 1.9 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.....	22
Cuadro 1.10 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.....	23
Cuadro 1.11 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.....	24
Cuadro 1.12 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.....	25
Cuadro 1.13 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.....	26
Cuadro 1.14 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.....	27
Cuadro 1.15 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.....	28
Cuadro 1.16 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.....	29
Cuadro 3.1. Ficha técnica. Fte. <a href="http://www.teican.com">www.teican.com</a> .....	39
Cuadro 3.2. Ficha técnica. Fte. <a href="http://www.teican.com">www.teican.com</a> .....	40



Cuadro 3.3. Panel estándar 60 células vs. Panel 120 células partidas. Fte. <a href="http://www.pveasy.com.au">www.pveasy.com.au</a> .....	41
Cuadro 3.4. Célula estándar vs. partida. Fte. <a href="http://www.sinovoltaics.com">www.sinovoltaics.com</a> .....	42
Cuadro 3.5. Sombra sobre paneles fotovoltaicos. Fte. <a href="http://www.aurorasolar.com">www.aurorasolar.com</a> .....	43
Cuadro 3.6. Protección ante micro grietas. Fte. <a href="http://www.pveasy.com.au">www.pveasy.com.au</a> .....	44
Cuadro 3.7. Ficha técnica inversor SE50K. Fte. SOLAREEDGE .....	45
Cuadro 3.8. Ficha técnica inversor SE50K. Fte. SOLAREEDGE .....	46
Cuadro 3.9. Ficha técnica optimizador P950. Fte. SOLAREEDGE.....	47
Cuadro 3.10. Ficha técnica optimizador P950. Fte. SOLAREEDGE.....	48
Cuadro 3.11. Ficha técnica optimizador P950. Fte. SOLAREEDGE.....	49
Cuadro 3.12 Fórmulas para cálculo de la sección según ITC-BT 40.....	51
Cuadro 3.13 Portafusibles DC 25A. Fte. Schneider Electric.....	58
Cuadro 3.14 Magnetotérmico de 4 polos de 80 A. Fte Schneider Electric.....	58
Cuadro 3.15 Diferencial de 4 polos de 100 A y 300 mA. Fte. Schneider Electric. ....	58
Cuadro 3.16 Esquema instalación industrial. Fte. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> .....	60
Cuadro 3.17. Sistema SOLAREEDGE vs Tradicional – Sombreados. Fte. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> .....	61
Cuadro 3.18. Factores negativos. Fte. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> .....	62
Cuadro 3.19 Sistema de seguridad Safe DC. Fte. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> . ....	63
Cuadro 3.20. Inversor trifásico SE50K para conexión a red trifásica 400V. FTE. <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> .....	65
Cuadro 3.21. Funcionamiento en condiciones óptimas. ....	67
Cuadro 3.22 Funcionamiento con sombreado parcial. ....	68
Cuadro 3.23 Funcionamiento con pérdida total.....	69
Cuadro 3.24 Ejemplo de conexión de módulos en serie. Fte. SOLAREEDGE.....	70
Cuadro 3.25 Vista web. Fte <a href="http://www.solaredge.com">www.solaredge.com</a> .....	71
Cuadro 3.26. Información del proyecto. Fte.DESIGNER. ....	71
Cuadro 3.27 Cuadro para introducir consumo mensual. Fte.DESIGNER.....	72
Cuadro 3.28. Diseño en planta sistema. Fte.DESIGNER. ....	73
Cuadro 3.29. Diseño 3D. Fte.DESIGNER.....	73
Cuadro 3.30. Edición de características del módulo. Fte.DESIGNER. ....	74
Cuadro 3.31. Edición tipo estructura, acimut e inclinación. Fte.DESIGNER. ....	74



Cuadro 3.32 Sistemas diferentes para designar el acimut. ....	75
Cuadro 3.33 Vista en planta diseño. Fte.DESIGNER. ....	76
Cuadro 3.34. Diseño eléctrico. Fte.DESIGNER. ....	77
Cuadro 3.35. Comparativa de dos sistemas con y sin efecto “recorte”. Fte. www.solaredge.com.....	79
Cuadro 3.36. Proceso de conexión de optimizadores. Fte.DESIGNER. ....	80
Cuadro 3.37. Diseño completo conexiones optimizadores. Fte.DESIGNER. ....	81
Cuadro 3.38. Parámetros financieros. Fte.DESIGNER. ....	82
Cuadro 3.39. Ficha técnica panel fotovoltaico. Fte. www.teican.com.....	83
Cuadro 3.40. Edición de consumo de energía. Fte.DESIGNER.....	85
Cuadro 3.41. Edición precio del sistema. Fte.DESIGNER. ....	86
Cuadro 3.42. Lista de materiales BOM. Fte.DESIGNER.....	86
Cuadro 3.43. Edición tipo tarifa eléctricas. Fte.DESIGNER. ....	87
Cuadro 3.44. Edición propiedades de la tarifa. Fte.DESIGNER. ....	88
Cuadro 3.45. Edición tarifa por horarios. Fte.DESIGNER. ....	89
Cuadro 3.46. Edición de incentivos. Fte.DESIGNER. ....	90
Cuadro 3.47. Prosucción del sistema. Fte.DESIGNER. ....	93
Cuadro 3.48. Energía mensual estimada. Fte.DESIGNER. ....	94
Cuadro 3.49. Módulos FV. Fte.DESIGNER. ....	94
Cuadro 3.50. ahorro estimado en facturación. Fte.DESIGNER. ....	95
Cuadro 3.51. Flujo de caja acumulativo. Fte.DESIGNER. ....	96
Cuadro 3.52. flujo de caja anual. Fte.DESIGNER.....	97
Cuadro 3.53. Lista materiales BOM. Fte.DESIGNER.....	97
Cuadro 3.54. Diseño eléctrico. Fte.DESIGNER. ....	98
Cuadro 3.55. Diagrama de pérdidas. Fte.DESIGNER.....	99
Cuadro 3.56. Otros parámetros de la simulación. Fte.DESIGNER. ....	100
Cuadro 3.57. Edición factores de pérdidas. Fte.DESIGNER. ....	100
Cuadro 3.58. Display PVIGS online. ....	102
Cuadro 3.59. Informe obtenido. Fte. PVGIS. ....	103
Cuadro 3.60. Informe Meteo PVsyst. Fte. PVsyst. ....	107





## **1. MEMORIA DESCRIPTIVA.**



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

### 1.1. OBJETO DEL PROYECTO.

La redacción de este Proyecto tiene como objeto su uso, como documento operativo, para la ejecución y valoración económica de la instalación solar fotovoltaica para autoconsumo, de 50 kW de potencia nominal, que se conectará a la red interior de la piscina municipal de Renedo de Piélagos, y cuyo presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de SESENTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS CATORCE EUROS (64.614 €).

El objetivo principal es reducir la actual dependencia energética de la red, con la consiguiente reducción en la factura eléctrica, y sustituirla por energía autogenerada, renovable, procedente de la instalación fotovoltaica.

Para minimizar los consumos eléctricos, se planea realizar la instalación de un sistema solar fotovoltaico de inyección directa, con optimizadores de potencia, a la red interior de las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos. El campo fotovoltaico se instalará en la cubierta del pabellón municipal Fernando Expósito.

Como se observa en el Cuadro 1.1, ambas instalaciones, piscina y pabellón, se sitúan contiguas y son instalaciones públicas.



Cuadro 1.1 Vista aérea del complejo. Fte. Google Earth.

De forma complementaria, el presente proyecto marcará las directrices necesarias para la ejecución de las obras en cumplimiento de la normativa, y fijará las condiciones técnicas y de seguridad que ha de cumplir la instalación proyectada.



## 1.2. DATOS ADMINISTRATIVOS.

- TITULAR: Ayuntamiento de Piélagos.
- NIF: P3905200F
- DOMICILIO FISCAL: Avda. Luis de la Concha 66, Renedo de Piélagos 39470. Cantabria.
- TELÉFONO DE CONTACTO: 942 076 900
- CUPS DE SUMINISTRO: ES0027700017940001PT0F

## 1.3. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.

Los trabajos se realizarán en la cubierta del pabellón municipal “FERNANDO EXPÓSITO”, cuya dirección es:

- Barrio Las Cuartas s/n, Pabellón deportivo, 39470, Renedo de Piélagos, Cantabria, España.
- Coordenadas de la instalación:

Longitud: 3°57'02" O; Latitud: 43°21'04" N

UTM (H30): 422.954,55; 4.800.251,41

## 1.4. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS.

Para la confección del presente proyecto, se han tenido en cuenta todos los reglamentos en vigor que le sean de aplicación específica, siendo estos los siguientes:

- 1. Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- 2. Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- 3. Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- 4. Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Decreto 842/2.002 de 2 de agosto, publicado en el BOE nº 224, de fecha 18 de septiembre de 2.002) e instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 314/2.006 del 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Así como sus modificaciones.
- Pliego de condiciones técnicas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (I.D.A.E.) para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red (Año 2.002).



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- Decreto 65/2010, de 30 de septiembre, por el que se aprueban las Normas Urbanísticas Regionales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971 (OSHT).
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Y cuantas normativas vigentes le sean de aplicación específica. [1]

### 1.5. SITUACIÓN ACTUAL.

La instalación está acogida a una tarifa 3.0A trifásica y cuenta con una potencia contratada de 52,56 kW en P1, 52,56 kW en P2 y 52,56 kW en P3.

Según la información facilitada por la propiedad, en 2.019 el consumo de las instalaciones de la piscina fue de 162.522 kWh anuales. Se ha seleccionado 2.019 por ser un año prepandemia, por lo que los datos se asemejan más a un escenario de normalidad. La distribución mensual queda de la siguiente manera:

Tabla 1.1 Consumos mensuales de la instalación facilitados por la propiedad.

CONSUMOS kWh	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19
P1 (Punta)	3.165	2.793	2.830	3.127	3.344	3.072	3.390
P2 (Llano)	9.490	8.455	8.875	7.581	7.920	7.277	7.979
P3 (Valle)	3.585	3.251	3.375	3.082	3.078	2.689	2.845
Total mes	16.240	14.499	15.080	13.790	14.342	13.038	14.214

	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Total año	%
P1 (Punta)	3.627	899	3.210	2.527	2.416	34.400	21,2%
P2 (Llano)	8.218	2.429	8.044	8.045	8.419	92.732	57,1%
P3 (Valle)	2.969	1.401	3.291	3.011	2.813	35.390	21,8%
Total mes	14.814	4.729	14.545	13.583	13.648	162.522	100,0%

Según se ha podido verificar en el Boletín de la instalación Eléctrica (BIE), la potencia máxima que admite la red interior de las instalaciones de la piscina municipal es de 52,56 kW, factor importante que va a condicionar la elección del inversor, de potencia nominal no superior a la antes mencionada.



Señalar que sí es posible instalar mayor potencia fotovoltaica, pero para ello sería necesario realizar modificaciones en la instalación eléctrica y obtener un nuevo BIE, que admita potencias superiores a la actual. En nuestro caso, esta situación no se contempla por la propiedad.

## 1.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR.

### 1.6.1. Descripción del funcionamiento.

La conversión de la luz en electricidad se lleva a cabo a través de las células fotovoltaicas, obleas de silicio de alta pureza, que una vez transformadas en semiconductores por procedimientos físico-químicos de avanzada tecnología, se conectan entre sí mediante conductores de corriente; encapsulándose a continuación para protegerlas del medio ambiente y obteniéndose entonces el módulo solar fotovoltaico, que convierte directamente la luz en electricidad.

La energía producida en los módulos es recibida por los optimizadores de potencia. Éstos reciben constantemente energía del módulo solar y, junto a otros optimizadores conectados, regulan el voltaje del string para alcanzar los requisitos óptimos de operación del inversor.

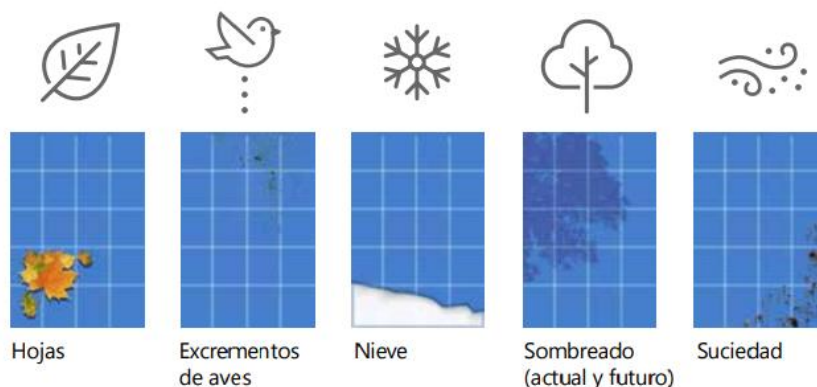


Cuadro 1.2 Imagen optimizador P950, con entrada doble. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com)

SOLAREEDGE utiliza sus propios optimizadores. Con ellos se reducen pérdidas por factores como sombreados, suciedad de los módulos, fallos de generación en los módulos, etc.



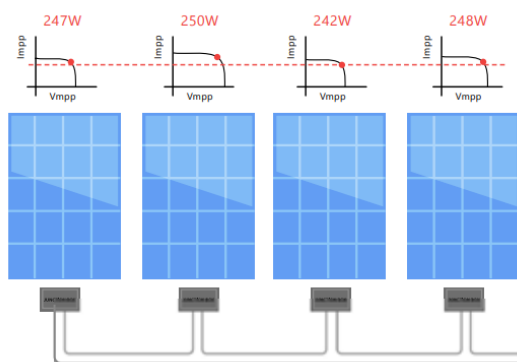
Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.



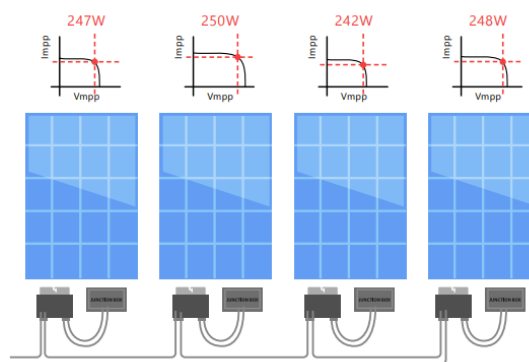
Cuadro 1.3 Factores externos causantes de pérdidas. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com)

Los optimizadores funcionan como convertidores DC/DC (corriente continua) que consiguen que el módulo solar funcione en su punto de máxima potencia (MPPT) de forma independiente al resto de módulos conectados en el string. Se ubican en la parte trasera del panel fotovoltaico o en la propia estructura de soporte.

**Inversor tradicional**



**Inversor SolarEdge optimizado en CC**



Cuadro 1.4 Instalación tradicional vs optimizadores SOLAREGE. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com)

En nuestro caso, los optimizadores P950 poseen entrada, para dos módulos simultáneamente, de hasta 950 W. La tensión máxima absoluta de entrada puede llegar hasta los 125 Vdc y el rango de operación MPPT entre 12,5 y 105 Vdc. [2]

La energía producida en los optimizadores se transporta hasta el inversor senoidal DC/AC, que hace la conversión de la corriente continua a alterna, a 400 Vac con un alto rendimiento (>96 %).





Toda la energía producida por el campo solar se transportará hasta el inversor, y la salida de éste se inyectará a la red interior de la edificación. La producción, obviamente, sólo se dará en horas diurnas.



Cuadro 1.5 Inversor SE50K. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com)

El excedente de energía producido por el sistema solar será vertido a la red trifásica (400 V / 3F+N) perteneciente a la compañía Eléctrica, compensándose el excedente en la factura del mes siguiente al precio del mercado, o bien pactado entre la comercializadora y el usuario.

La potencia máxima de vertido será la del inversor de 50 kW.



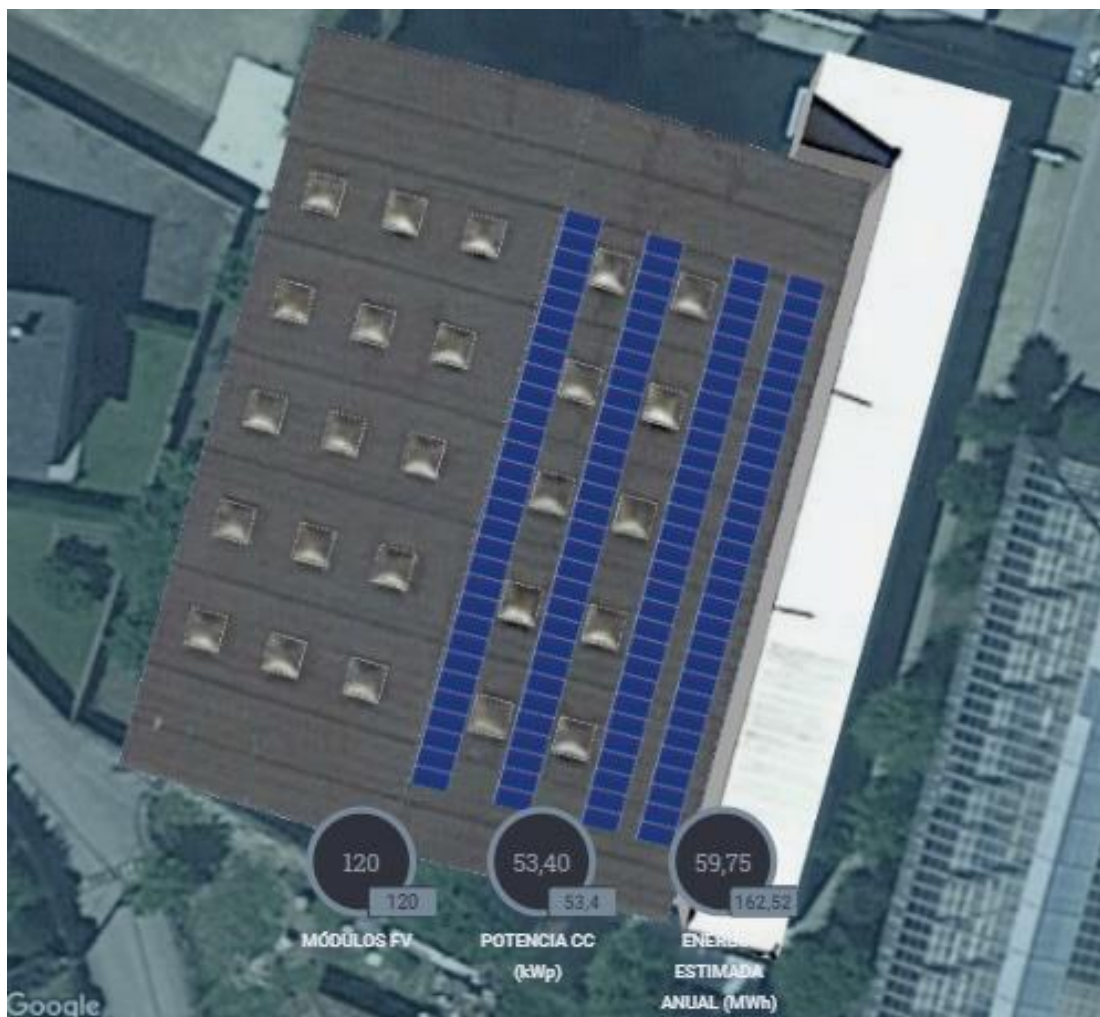
### 1.6.2. Componentes de la instalación.

#### 1.6.2.1. Generación solar.

La generación solar estará formada por 120 módulos solares monocristalinos de 445W de potencia unitaria, siendo la potencia pico del conjunto de 53,4 kWp. Los módulos se conectarán en 4 strings de 30 unidades.

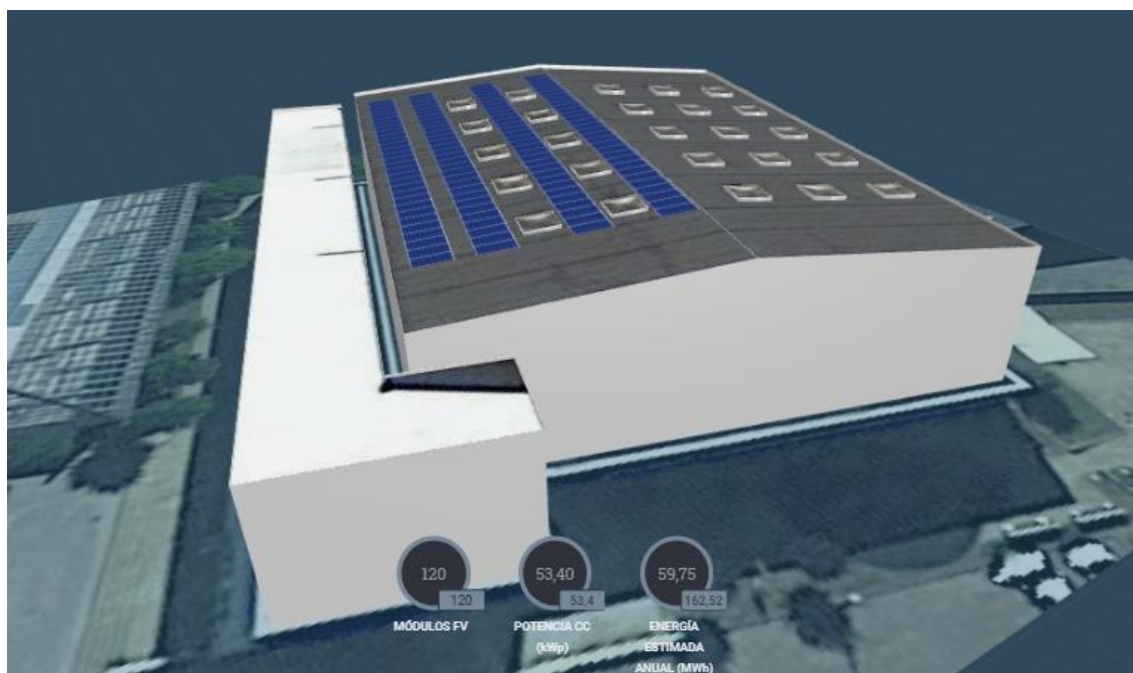
El conjunto de módulos se fijará a la cubierta del pabellón municipal “Fernando Expósito” mediante una estructura coplanar de aluminio con tornillería de acero inoxidable.

Para simplificar la instalación y las estructuras de soporte necesarias, la inclinación de los módulos será de unos 5° (coplanares), la misma que la cubierta existente, ya que es la única manera de aprovechar el espacio disponible y reducir a cero el efecto de las sombras. La orientación será de -75° Este (teniendo en cuenta el Sur como 0° y valores negativos hacia el Este y positivos hacia el Oeste).



Cuadro 1.6 Ubicación campo fotovoltaico – vista en planta. Fte. software Designer.





Cuadro 1.7. Ubicación campo fotovoltaico – inclinación. Fte. software Designer.

La forma de anclaje de la estructura será mediante tornillería rosca-chapa a las correas de la cubierta. En los anejos se incluyen la ficha técnica de los módulos escogidos.

#### 1.6.2.2. Inversor DC/AC.

La transformación de la corriente continua (DC) procedente de los módulos en corriente alterna (AC) se llevará a cabo por un inversor trifásico de 50 kW de potencia nominal.

El inversor se conectará a los módulos solares de forma que de los 120 lleguen cuatro alineaciones de módulos en serie (Strings) de 30 unidades cada alineación.

El modelo de inversor elegido se suministra con optimizadores de potencia fotovoltaica para colocar en el campo de módulos solares. Estos optimizadores mitigan todos los tipos de pérdida por desajuste de los módulos, desde la tolerancia de fabricación hasta el sombreado parcial. Esta configuración aumenta la producción hasta en un 25% en los casos de instalaciones parcialmente sombreadas o desajustadas [18].

El inversor incluye comunicación remota mediante RS485, Ethernet, y opcionalmente Wifi. Esta monitorización proporciona información en tiempo real del estado de la instalación, incluyendo la producción unitaria del campo de módulos solares. En los anejos se incluyen las fichas técnicas del inversor solar escogido.



#### 1.6.2.3. Cuadro de protecciones.

Se instalará un cuadro con protecciones para la parte de corriente continua DC, y un cuadro para las protecciones en la parte de alterna AC. Se podrá utilizar un único armario de mayor tamaño donde se ubiquen todas las protecciones a conveniencia del instalador.

Se incluirá todos los elementos de seguridad para proteger la instalación y a las personas ante contactos directos e indirectos, sobrecargas, cortocircuitos y cuanto sea requerido por la legislación aplicable.

Las protecciones a instalar serán las siguientes:

*Tabla 1.2 Protecciones a utilizar en la instalación.*

Protecciones	Cantidad
Fusible DC de 25 A y 1000 Vdc	2 uds. por cada string de módulos
Magnetotérmico de 4 polos de 80 A	1 ud. por inversor
Diferencial de 4 polos de 100 A y 300 mA	1 ud. por inversor

#### 1.6.3. Instalación eléctrica.

Se realizará una instalación eléctrica de acuerdo al esquema eléctrico incluido en el proyecto. En el anejo de cálculos, se justifican las secciones de los cables a utilizar.

Se tendrá presente en todo momento el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, así como el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, particularmente la ITC BT40 de instalaciones generadoras en baja Tensión.

Se deberá prestar atención a la red de tierras existente, ya que los equipos y las infraestructuras de la nueva instalación solar se conectarán a esta red. En todo momento se cumplirá con los el Reglamento de Baja Tensión fundamentalmente las instrucciones ITC BT 24 y ITC BT 18.

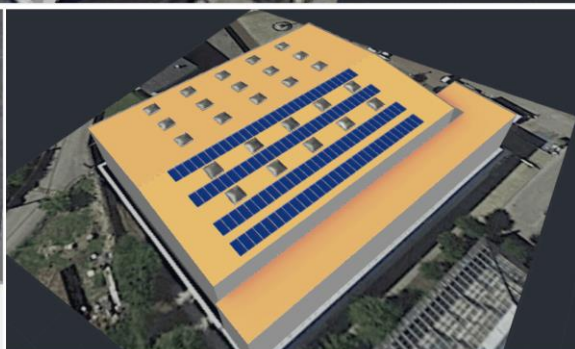
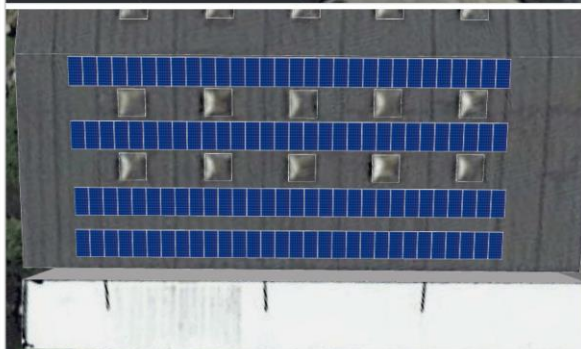


## 1.7. INFORME DESIGNER DE LA INSTALACIÓN.

solaredge | INFORME DESIGNER | Página 1 de 9

### PROYECTO PISCINA MUNICIPAL RENEDO

Barrio las Cuartas 43, Renedo de Piélagos, 39470, Spain | Ayuntamiento de Piélagos | 10 sept 2021



#### RESUMEN DEL SISTEMA

 120 Módulos FV

 1 Inversores

 60 Optimizadores

#### RESUMEN FINANCIERO

Pagos Netos	Ahorro en facturación acumulado (NPV)	Rentabilidad del Sistema (NPV)	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Periodo de Retorno
€ 70.506	€ 168.465	€ 97.959	10,95 %	9,2 años

Cuadro 1.8 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

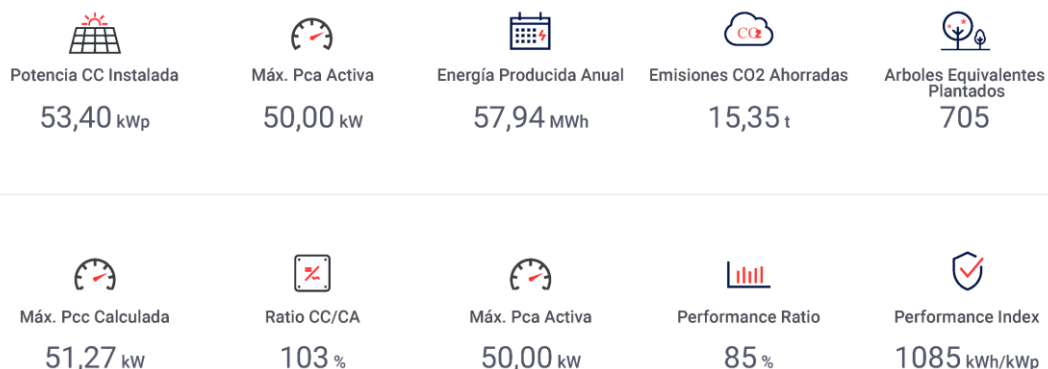
solaredge | INFORME DESIGNER | Página 2 de 9

PROYECTO PISCINA MUNICIPAL RENEDO

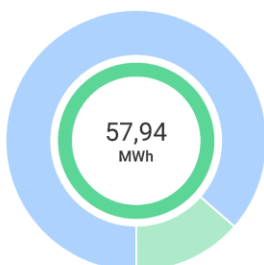
Barrio las Cuartas 43, Renedo de Piélagos, 39470, Spain | Ayuntamiento de Piélagos | 10 sept 2021



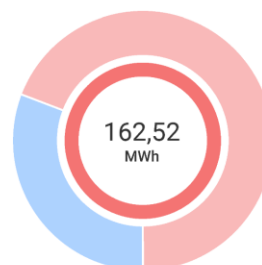
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN



PRODUCCIÓN DEL SISTEMA



CONSUMO



Cuadro 1.9 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.



PROYECTO PISCINA MUNICIPAL RENEDO

Barrio las Cuartas 43, Renedo de Piélagos, 39470, Spain | Ayuntamiento de Piélagos | 10 sept 2021



ENERGÍA MENSUAL ESTIMADA



Total de energía recortada: 0%

Mes	Generación (kWh)	Consumo (kWh)	Autoconsumo (kWh)	Energía Recortada (kWh)
Ene	2030	16.240	2030	-
Feb	2861	14.499	2861	-
Mar	4954	15.080	4680	-
Abr	6028	13.790	5353	-
May	7440	14.342	6508	-
Jun	7485	13.038	6227	-
Jul	7597	14.214	6516	-
Ago	6759	14.814	6177	-
Sep	5302	4729	2302	-
Oct	3663	14.545	3611	-
Nov	2151	13.583	2150	-
Dic	1673	13.648	1673	-

Cuadro 1.10 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA  
GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

solar**edge** | INFORME DESIGNER | Página 4 de 9

PROYECTO PISCINA MUNICIPAL RENEDO

Barrio las Cuartas 43, Renedo de Piélagos, 39470, Spain | Ayuntamiento de Piélagos | 2 sept 2021



MÓDULOS FV

Nº Módulo	Modelo	Potencia pico	Tipo de estructura	Orientación	AzimutInclinación
120	Jiangsu Green Power PV Co. Ltd (GPPV), GPNE-S144/FNH 166 Half Cell Series (definido por el usuario)	53,4 kWp			106° 5°
Total: 120		53,4 kWp			

Cuadro 1.11 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGIA  
GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

César Blanco Portilla



solar**edge** | INFORME DESIGNER | Página 5 de 9

PROYECTO PISCINA MUNICIPAL RENEDO

Barrio las Cuartas 43, Renedo de Piélagos, 39470, Spain | Ayuntamiento de Piélagos | 10 sept 2021



AHORRO ESTIMADO EN FACTURACIÓN AÑO 1

Anual

Facturación anual actual	Facturación anual con SolarEdge	Ahorro anual neto en facturación	Compensación factura
€ 24.376,13	€ 17.651,83	€ 6.724,30	27,59 %

Ahorro en facturación acumulado estimado neto € 168.465

Proveedor de Energía: **REPSOL** | Precio de Tarifa: **3.0A**

	Facturación mensual actual	Facturación mensual con SolarEdge	Ahorro mensual neto en facturación	Compensación factura
Ene	2331,69 €	2086,48 €	245,21 €	10,52%
Feb	2133,39 €	1787,92 €	345,47 €	16,19%
Mar	2200,48 €	1622,30 €	578,18 €	26,28%
Abr	2063,96 €	1336,77 €	727,20 €	35,23%
May	2129,59 €	1251,81 €	877,78 €	41,22%
Jun	1979,44 €	1126,79 €	852,65 €	43,08%
Jul	2112,96 €	1229,59 €	883,37 €	41,81%
Ago	2183,86 €	1357,46 €	826,40 €	37,84%
Sep	1023,95 €	579,58 €	444,37 €	43,4%
Oct	2151,95 €	1669,82 €	482,14 €	22,4%
Nov	2029,51 €	1770,00 €	259,51 €	12,79%
Dic	2035,34 €	1833,32 €	202,02 €	9,93%
Total:	24.376,13 €	17.651,83 €	6724,30 €	

Cuadro 1.12 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.





Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en  
las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

solaredge | INFORME DESIGNER | Página 6 de 9

PROYECTO PISCINA MUNICIPAL RENEDO

Barrio las Cuartas 43, Renedo de Piélagos, 39470, Spain | Ayuntamiento de Piélagos | 10 sept 2021



ANÁLISIS FINANCIERO DETALLADO

Precio de sistema	Coste de mantenimiento (NPV)	Retorno de subvenciones (NPV)	Pagos Netos	Ahorro en facturación acumulado (NPV)
€ 64.614	€ 5892	€ 0	€ 70.506	€ 168.465

Rentabilidad del Sistema (NPV)	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Retorno de la inversión (ROI)	Coste nivelado de la energía (LCOE)	Periodo de Retorno
€ 97.959	10,95 %	138,94 %	€/kW 0,068	9,2 años



Cuadro 1.13 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.





PROYECTO PISCINA MUNICIPAL RENEDO

Barrio las Cuartas 43, Renedo de Piélagos, 39470, Spain | Ayuntamiento de Piélagos | 10 sept 2021



FLUJO DE CAJA ANUAL

# Año	Precio de sistema	Costes de O&M	Ahorro neto en facturación	Flujo de caja anual	Flujo de caja acumulativo
0	-64.614,00 €		0,00 €	-64.614,00 €	-64.614,00 €
1		-320,40 €	6724,30 €	6403,90 €	-58.210,10 €
2		-320,40 €	6873,13 €	6552,73 €	-51.657,36 €
3		-320,40 €	7025,93 €	6705,53 €	-44.951,83 €
4		-320,40 €	7182,81 €	6862,41 €	-38.089,42 €
5		-320,40 €	7343,79 €	7023,39 €	-31.066,03 €
6		-320,40 €	7508,91 €	7188,51 €	-23.877,52 €
7		-320,40 €	7678,31 €	7357,91 €	-16.519,61 €
8		-320,40 €	7852,08 €	7531,68 €	-8987,93 €
9		-320,40 €	8030,32 €	7709,92 €	-1278,00 €
10		-320,40 €	8213,13 €	7892,73 €	6614,72 €
11		-320,40 €	8400,61 €	8080,21 €	14.694,94 €
12		-320,40 €	8592,85 €	8272,45 €	22.967,38 €
13		-320,40 €	8790,01 €	8469,61 €	31.436,99 €
14		-320,40 €	8992,20 €	8671,80 €	40.108,79 €
15		-320,40 €	9199,49 €	8879,09 €	48.987,88 €
16		-320,40 €	9411,81 €	9091,41 €	58.079,29 €
17		-320,40 €	9629,39 €	9308,99 €	67.388,28 €
18		-320,40 €	9852,27 €	9531,87 €	76.920,15 €
19		-320,40 €	10.080,52 €	9760,12 €	86.680,27 €
20		-320,40 €	10.314,12 €	9993,72 €	96.674,00 €
21		-320,40 €	10.553,29 €	10.232,89 €	106.906,89 €
22		-320,40 €	10.798,12 €	10.477,72 €	117.384,61 €
23		-320,40 €	11.048,77 €	10.728,37 €	128.112,98 €
24		-320,40 €	11.305,33 €	10.984,93 €	139.097,91 €

Cuadro 1.14 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

solaredge | INFORME DESIGNER | Página 8 de 9

PROYECTO PISCINA MUNICIPAL RENEDO

Barrio las Cuartas 43, Renedo de Piélagos, 39470, Spain | Ayuntamiento de Piélagos | 10 sept 2021



FLUJO DE CAJA ANUAL (CONTINÚA)

# Año	Precio de sistema	Costes de O&M	Ahorro neto en facturación	Flujo de caja anual	Flujo de caja acumulativo
25		-320,40 €	11.568,04 €	11.247,64 €	150.345,55 €
Total:		-8010,00 €	222.969,55 €	150.345,55 €	

LISTA DE MATERIALES (BOM)

Equipos	Cantidad
SE50K	1
P950	60
GPNE-S144/FNH 166 Half Cell Series	120
Estructura soporte módulo solar	1
Material eléctrico	1

DISEÑO ELÉCTRICO

Inversores y Almacenamiento	Strings por Inversor	Optimizadores por String	Módulos FV por string
1 x SE50K 51.27kW   103%	Unidad primaria 2 x strings	15 x P950 (2:1)	30
	Unidad secundaria 1 2 x strings	15 x P950 (2:1)	30

Cuadro 1.15 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.



PROYECTO PISCINA MUNICIPAL RENEDO

Barrio las Cuartas 43, Renedo de Piélagos, 39470, Spain | Ayuntamiento de Piélagos | 10 sept 2021



DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA



PARÁMETROS DE SIMULACIÓN



UBICACIÓN Y RED

Zona horaria	0/9/2021 CEST (Madrid)
Estación meteorológica	Santander (distancia 14,17 km)
Altitud estación	4 m
Fuente de datos estación	Meteonorm 7.1
Red	400V L-L, 230V L-N



FACTORES DE PERDIDAS

	Habilitado
Sombra cercana	
Albedo	0,20
Suciedad y Nieve	0%
Modificador de ángulo de incidencia, param. ASHRAE b0	0,05
Coefficiente de pérdidas térmicas Uc (const) Coplanar	20
Coefficiente de pérdidas térmicas Uc (const) Inclinado	29
Factor de pérdidas por LID	0%
Indisponibilidad del sistema	0%

Cuadro 1.16 Informe de resultados instalación. Fte. software DESIGNER.



## **1.8. JUSTIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).**

### **1.8.1. Cumplimiento de la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.**

La instalación solar se ubicará en la cubierta de un pabellón deportivo, existente desde hace años.

De acuerdo a la DB-HE5, es de aplicación el Código Técnico de la Edificación (CTE) a instalaciones solares fotovoltaicas cuando se dan algunos de los siguientes supuestos:

- a) Edificios de nueva construcción y ampliaciones de edificios existentes, cuando superen o incrementen la superficie construida en más de 3.000 m<sup>2</sup>.
- b) Edificios existentes que se reformen íntegramente, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, cuando se superen los 3.000 m<sup>2</sup> de superficie construida. Se considerará que la superficie construida incluye la superficie del aparcamiento subterráneo (si existe) y excluye las zonas exteriores comunes.

Dado que no se corresponde con ninguno de los anteriores supuestos, a la propiedad no le aplica la obligatoriedad de ejecutar la instalación fotovoltaica objeto de este proyecto.

El motivo principal de la ejecución de la instalación es el ahorro energético, y la reducción de emisiones a la atmosfera, a la vez que una mejora de su Responsabilidad Social Corporativa (RSC).

### **1.8.2. Cumplimiento del código técnico durante las obras.**

En la ejecución de los trabajos se utilizará como referencia las disposiciones del código técnico de la edificación, en lo que a condiciones generales de la instalación se refiere.

Se tomarán como guía de cálculo las tablas de radiación y de sombras reflejadas en el mismo, así como los criterios mínimos de diseño que aparecen en el documento básico HE5.

Durante la ejecución, se cumplirán en todo momento las exigencias del CTE en material de seguridad estructural.

En particular, la estructura soporte de módulos se dimensionará para resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE DB SE).



### 1.8.3. Cumplimiento del decreto 65/210 de Cantabria.

En el Decreto 65/2010, de 30 de septiembre, se aprobaron las Normas Urbanísticas Regionales.

Este Decreto no pone ningún tipo de impedimento a las instalaciones de energía solar, sino que anima expresamente a su ejecución. Concretamente, en el Artículo 8 de Utilización racional de los recursos, punto 5, dice:

*“Se promoverá el uso de prácticas edificatorias que aminoren la afección al medio ambiente, así como la utilización de energías alternativas”.*

Igualmente, en el punto 2 del Artículo 27 de Integración de las construcciones en el medio, se cita:

*“Se favorecerá el que las nuevas construcciones prevean espacios y condiciones técnicas para la implantación de instalaciones receptoras de energía solar u otra energía alternativa que sean suficientes para satisfacer las necesidades domésticas y de servicio propias de la edificación, siempre que las mismas no produzcan impactos visuales y paisajísticos significativos”.*

En todos los casos, la instalación solar objeto del presente proyecto se encuentra en consonancia con lo dispuesto en el RD 65/2010 de 30 de septiembre. [5]

## 1.9. CRITERIOS DE FUNCIONAMIENTO.

La instalación solar cumplirá lo reflejado en el esquema eléctrico incluido en el presente documento y su diseño estará adecuado a conseguir todos los requerimientos de la normativa vigente.

### 1.10. PLAZOS.

Para la ejecución de las obras se establece un periodo máximo de 10 días. Asimismo, se deberán planificar los trabajos para que en las instalaciones no se produzca la interrupción del servicio.

En el apartado “Condiciones de Ejecución” del Pliego de Condiciones Técnicas se amplía esta información.

Boo de Piélagos, 2 de Septiembre de 2.021

Fdo.: César Blanco Portilla.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

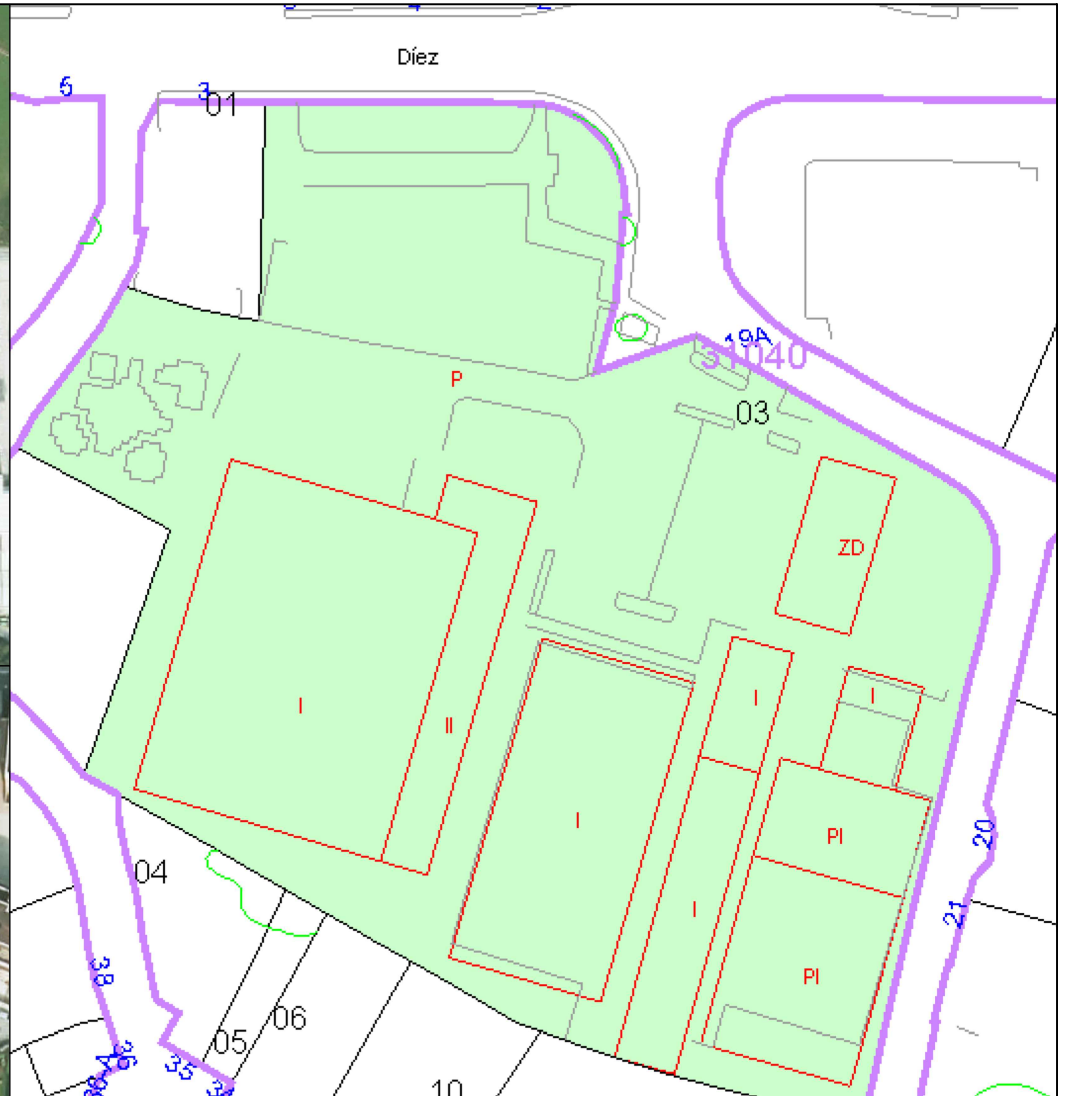
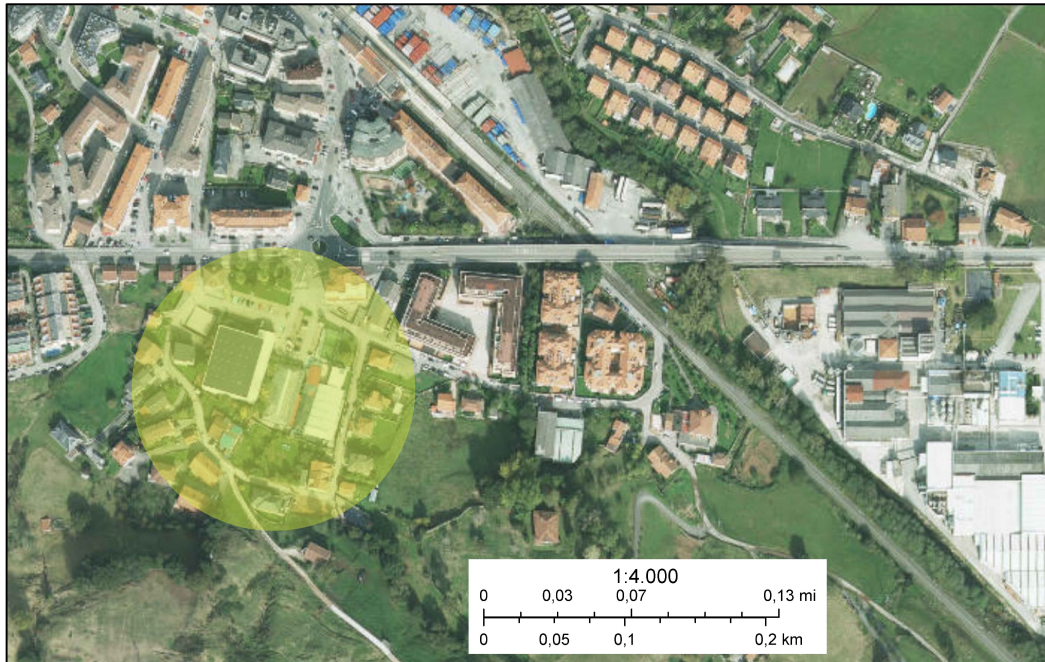
---

Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en  
las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.



## 2. PLANOS.



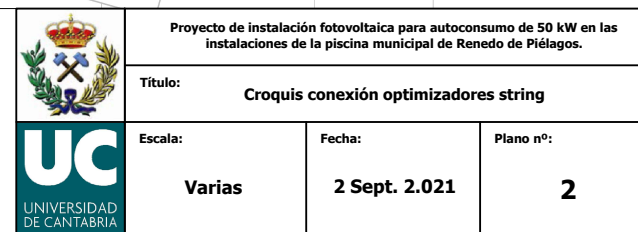


Coordenadas:  
UTM (H30): 422.954,55 ; 4.800.251,41



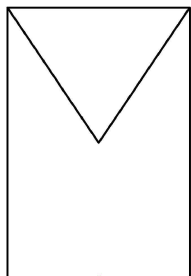
Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Título:	Plano de situación		
Escala:	Varías	Fecha:	2 Sept. 2.021
		Plano nº:	1

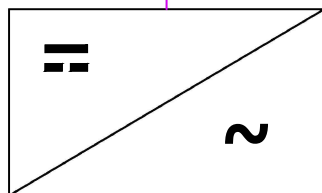
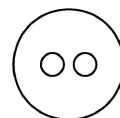




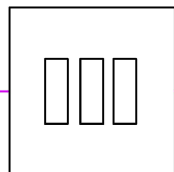
**Módulos fotovoltaicos**



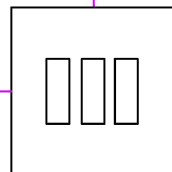
**Red interior edificio**



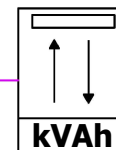
**Inversor**



**Cuadro solar**




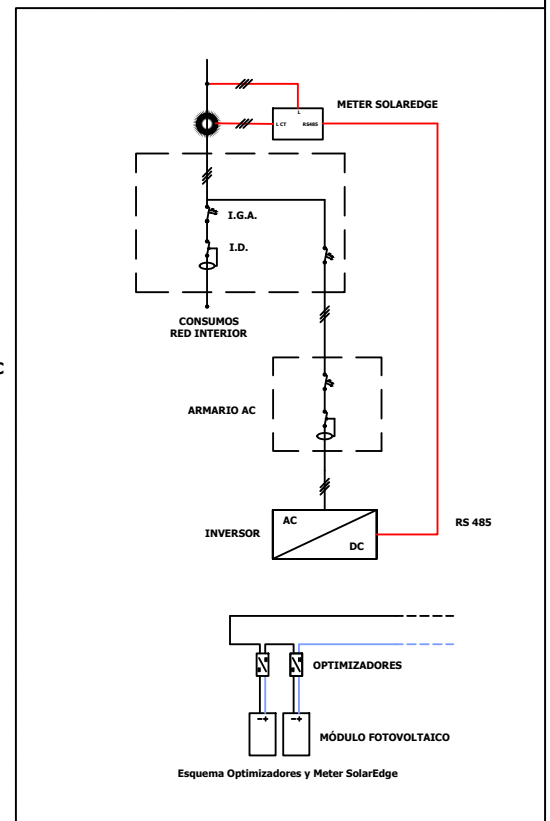
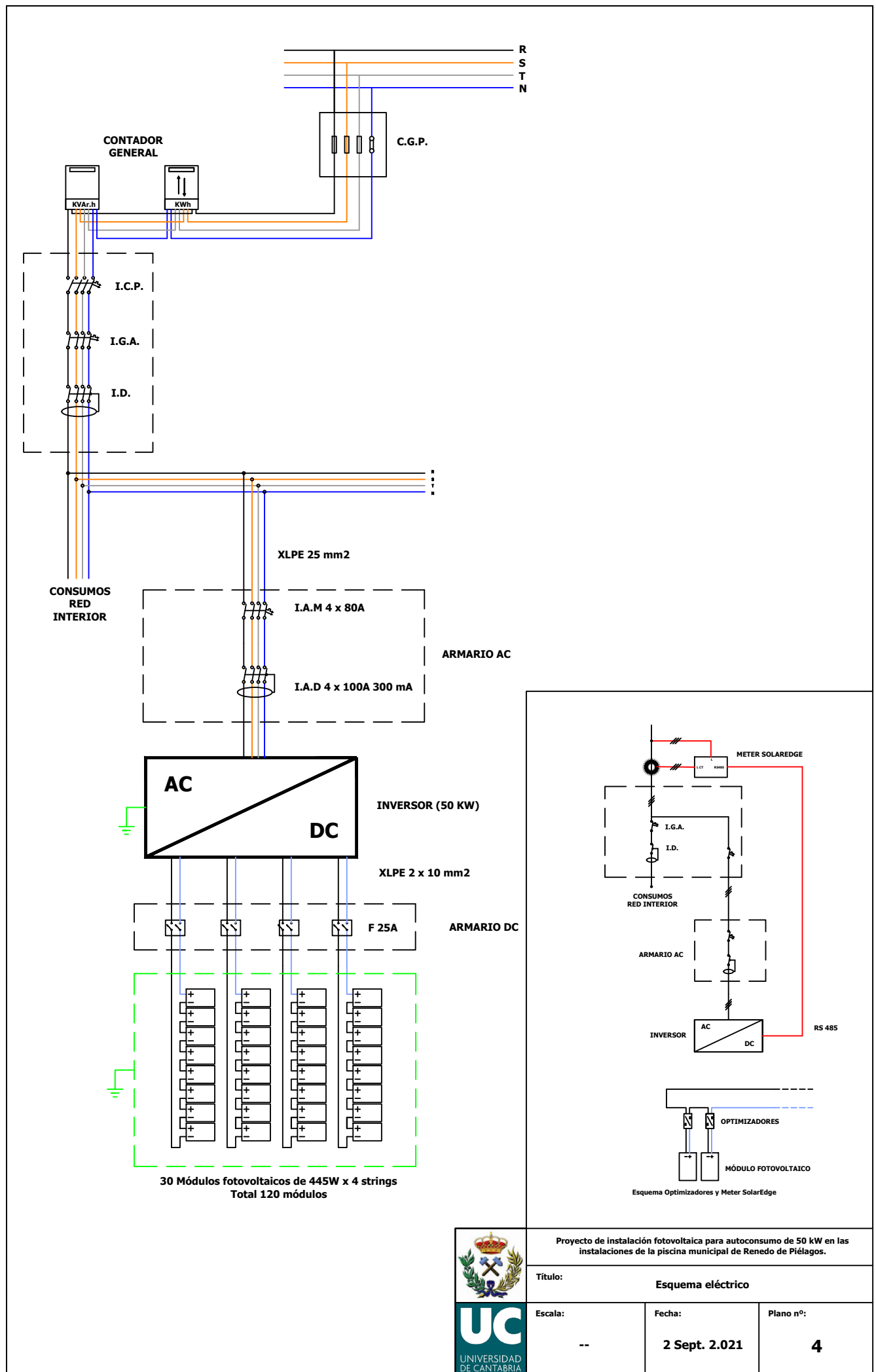
**Cuadro edificio**



**Contador**

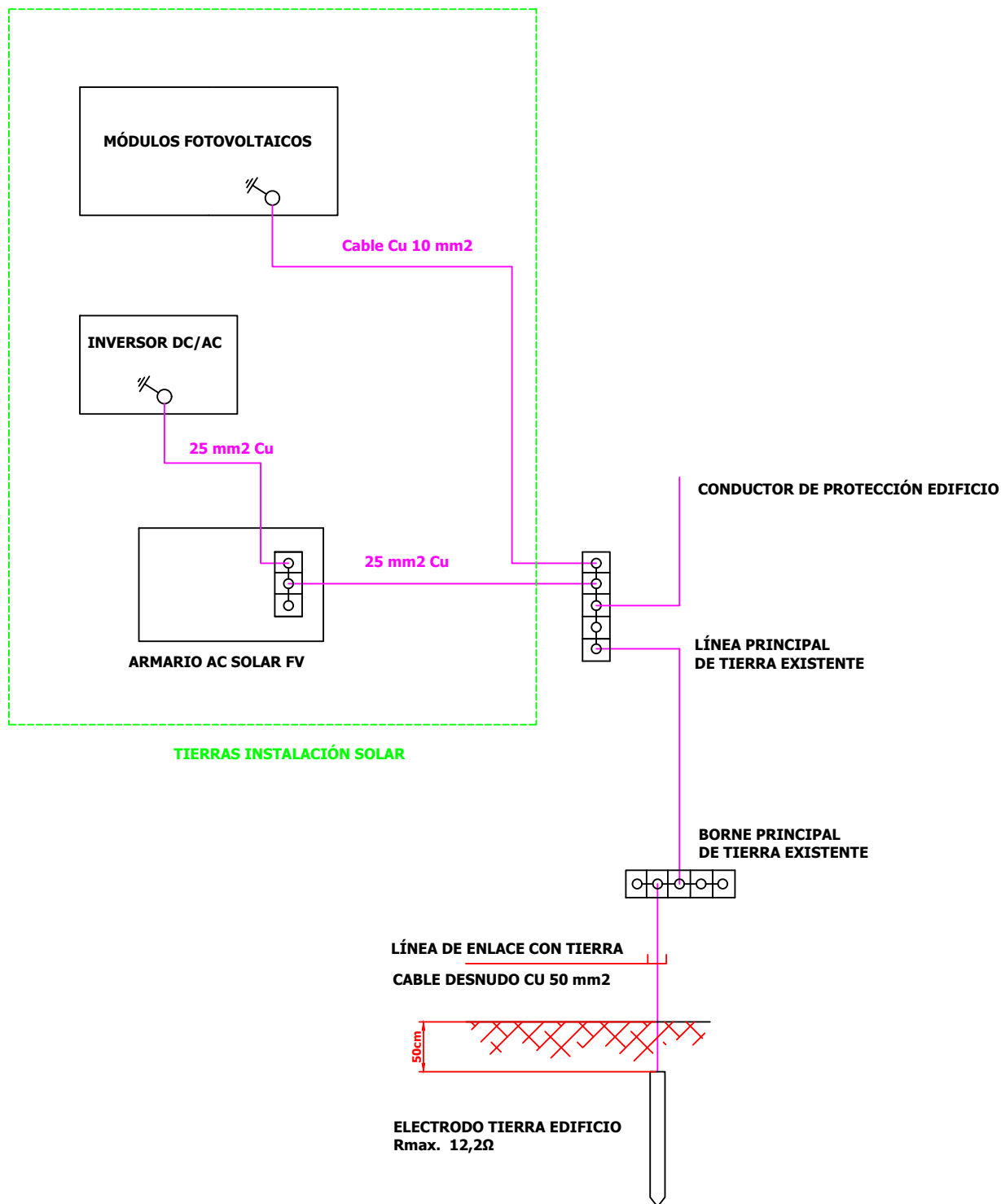
**Red eléctrica**

 <b>UC</b> UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.		
	Título: <b>Croquis equipos</b>		
	Escala: --	Fecha: <b>2 Sept. 2.021</b>	Plano nº: <b>3</b>



**UC**  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.		
Título: <b>Esquema eléctrico</b>		
Escala: --	Fecha: <b>2 Sept. 2.021</b>	Plano nº: <b>4</b>



UNIVERSIDAD  
DE CANTABRIA

Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Título: **Esquema de tierras**

Escala: --

Fecha: **2 Sept. 2.021**

Plano nº: **5**



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

---

Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en  
las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

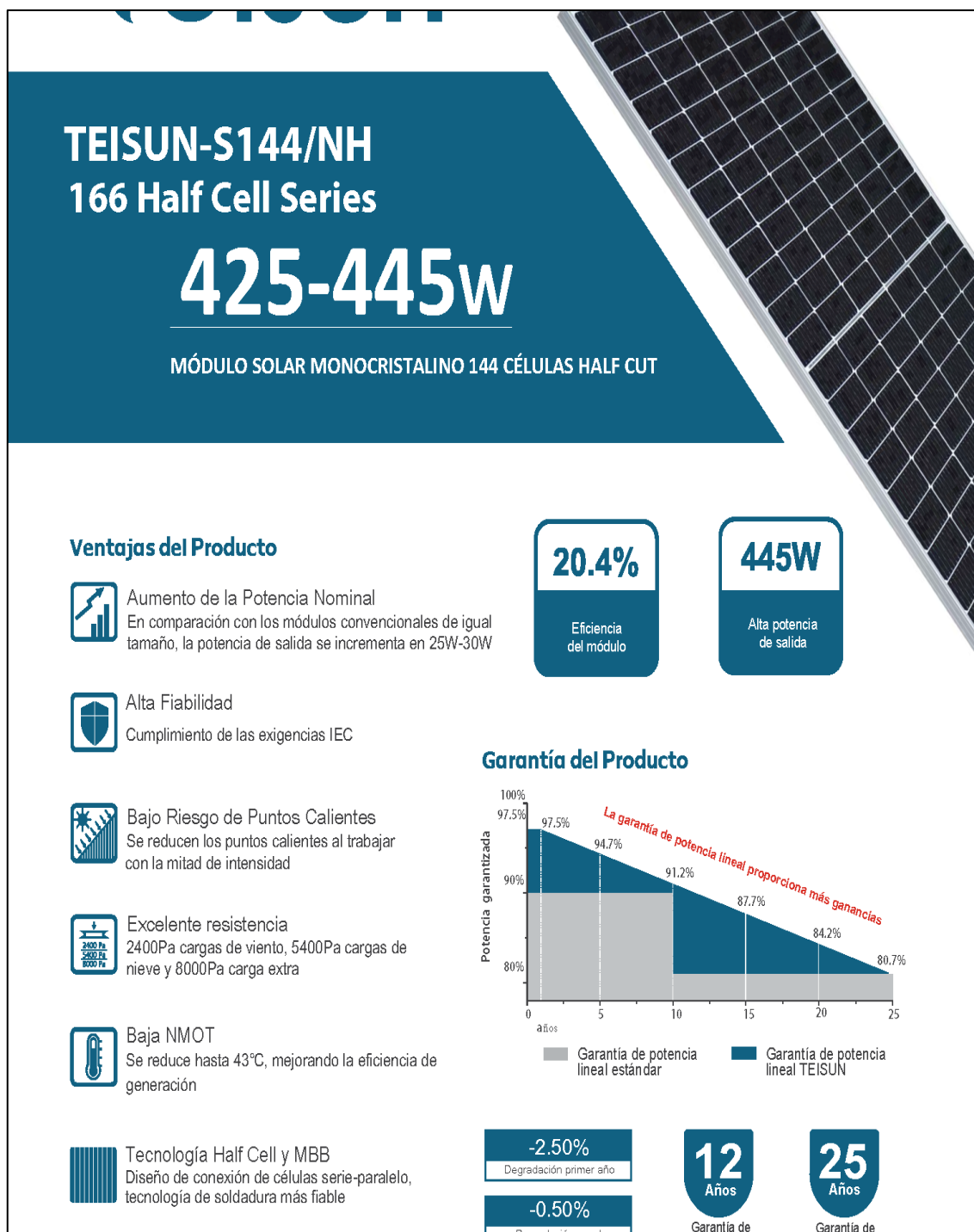


### **3. ANEJOS A LA MEMORIA.**



### 3.1. FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS.

#### 3.1.1. Módulo fotovoltaico.



Cuadro 3.1. Ficha técnica. Fte. [www.teican.com](http://www.teican.com)



## Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

**TEISUN-S144/NH****Características Eléctricas**

STC	445	440	435	430	425
Potencia máxima en STC (P <sub>max</sub> )	445W	440W	435W	430W	425W
Voltaje Óptimo de Operación (V <sub>mp</sub> )	41.2V	41.1V	40.8V	40.6V	40.4V
Corriente Óptima Operación (I <sub>mp</sub> )	10.81A	10.74A	10.67A	10.6A	10.52A
Tensión de Circuito Abierto (V <sub>oc</sub> )	49.1V	48.8V	48.6V	48.4V	48.2V
Corriente de Cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	11.54A	11.47A	11.4A	11.32A	11.25A
Eficiencia del módulo	20.0%	19.8%	19.6%	19.3%	19.1%
Temperatura Operación del Módulo	-40 °C to +85 °C				
Tensión Máxima	1500 V DC (IEC)				
Corriente Máxima	20 A				
Tolerancia de Potencia	0/+5W				

STC: Irradiancia 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura del módulo 25 °C, AM=1.5; Tolerancias de P<sub>max</sub>, V<sub>oc</sub> e I<sub>sc</sub> en todas direcciones de +/- 5%.

NMOT	445	440	435	430	425
Potencia máxima en NMOT (P <sub>max</sub> )	335W	331.2W	327.5W	323.8W	319.7W
Voltaje Óptimo de Operación (V <sub>mp</sub> )	38.5V	38.3V	38.1V	37.9V	37.8V
Corriente Óptima Operación (I <sub>mp</sub> )	8.7A	8.65A	8.59A	8.53A	8.47A
Tensión de Circuito Abierto (V <sub>oc</sub> )	46.8V	46.6V	46.4V	46.2V	46.0V
Corriente de Cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	9.19A	9.14A	9.08A	9.03A	8.96A

NMOT: Irradiancia 800 W/m<sup>2</sup>, temperatura ambiente 20 °C, AM=1.5, velocidad del viento 1 m/s.

**Características Térmicas**

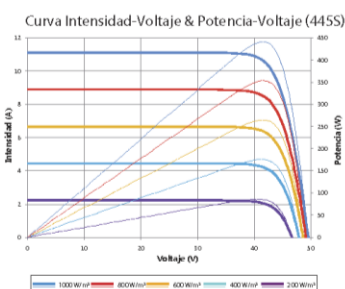
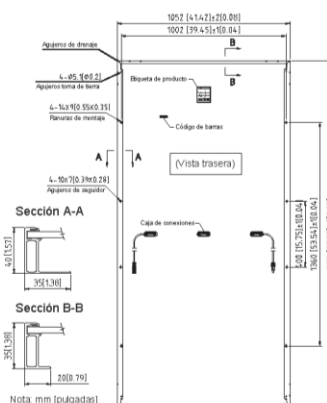
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	42 ± 2 °C
Coefficiente de Temperatura de P <sub>max</sub>	-0.37 %/°C
Coefficiente de Temperatura de V <sub>oc</sub>	-0.304%/°C
Coefficiente de Temperatura de I <sub>sc</sub>	0.050 %/°C

**Características Mecánicas**

Célula solar	Silicio monocristalino 166 mm (9BB)
Nº de células	144 (6 x 24)
Dimensiones	2115 x 1052 x 40 mm
Peso	24 kgs
Cristal frontal	Cristal templado de 3.2 mm
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones	Clasificación IP68 (3 diodos de derivación)
Cables de salida	4.0 mm <sup>2</sup> , misma longitud (-) 1400mm y (+) 1400 mm

**Configuración del Embalaje**

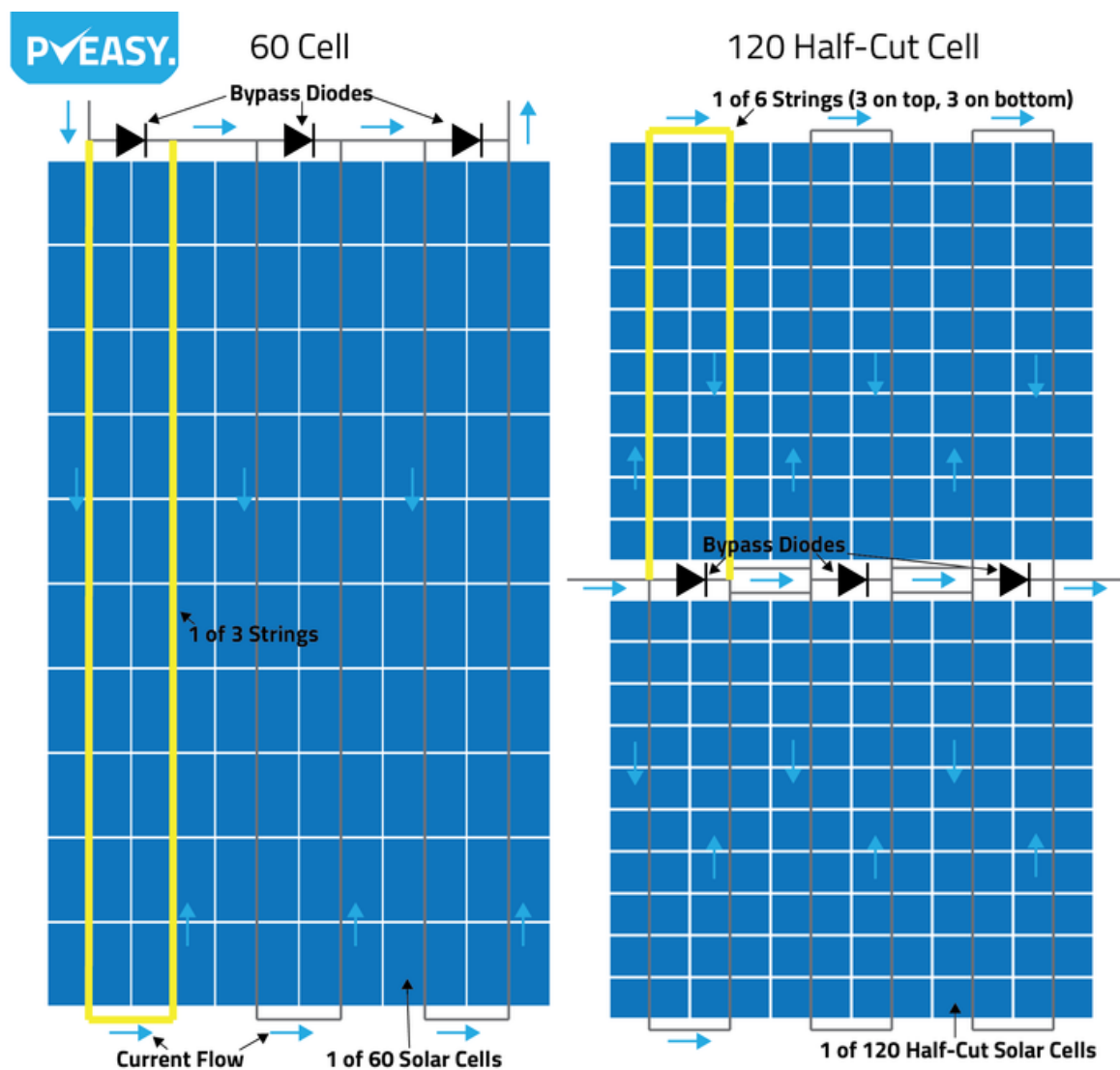
Contenedor	20' GP	40' HC
Unidades por pallet	26	26+1
Pallets por contenedor	5	22
Unidades por contenedor	130	594

Cuadro 3.2. Ficha técnica. Fte. [www.teican.com](http://www.teican.com)

El mundo fotovoltaico está inmerso en una constante innovación, que busca mejorar los parámetros de eficiencia del módulo solar. Fruto de estas mejoras son los módulos

de célula partida, o como se conoce en inglés, Half-Cell. Con su desarrollo, han contribuido a mejorar la viabilidad técnica y económica de las instalaciones solares.

Un módulo de célula partida está formado, básicamente, por células fotovoltaicas partidas en dos mitades y colocadas según sistema de conexiones en serie y paralelo diferente al habitual.



Cuadro 3.3. Panel estándar 60 células vs. Panel 120 células partidas. Fte. [www.pveasy.com.au](http://www.pveasy.com.au)

Como se puede observar en el Cuadro 3.3, el modelo de 120 subcélulas tiene dos veces más strings que el modelo estándar. Este aspecto es fundamental para reducir las pérdidas por sombreados parciales del panel.

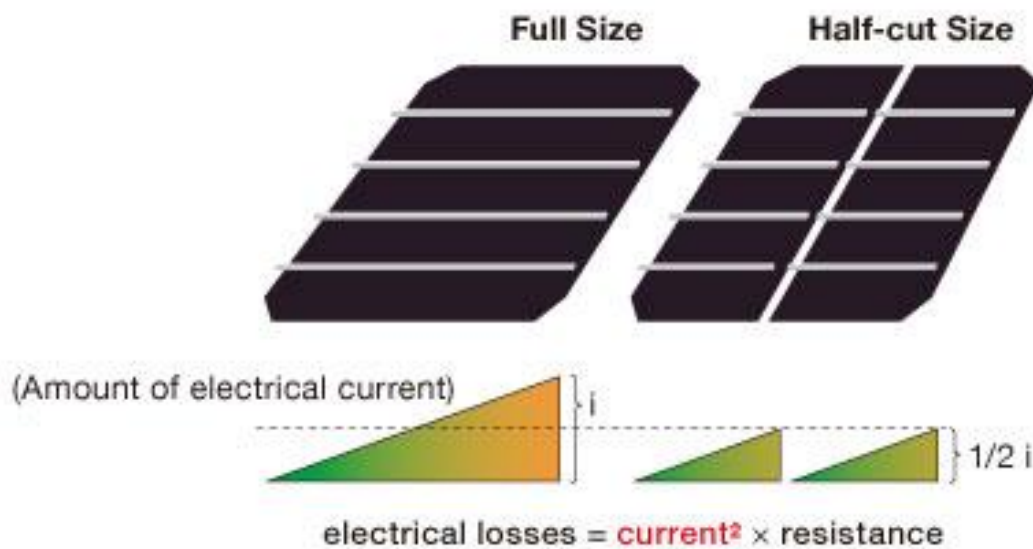


Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en  
las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Las principales ventajas de los módulos de célula partida son:

- **Corriente.**

Una vez dividida la célula en dos mitades, la corriente circulante también se divide en dos. Esto contribuye a una reducción de las pérdidas por resistencia térmica y aporta, de media, entre 5W y 10W más de potencia que el modelo estándar. Como la corriente es más alta en los momentos de máxima producción, este diseño de célula partida supone una mejora.



Cuadro 3.4. Célula estándar vs. partida. Fte. [www.sinovoltaics.com](http://www.sinovoltaics.com)

- **Temperatura.**

El modelo half cell consigue reducir el efecto de punto caliente (hot spot). Esto puede ocurrir cuando se tienen sombras parciales, células dañadas o desajustes. El hecho de tener menos corriente circulando también contribuye a reducir la temperatura.

- **Sombras.**

La producción de los paneles se divide en dos mitades, ya que los paneles están formados por 2 series de strings que reparten el módulo en dos. Así se consigue minimizar las pérdidas ocasionadas por diversos factores como sobras, suciedad, etc.





*Cuadro 3.5. Sombra sobre paneles fotovoltaicos. Fte. [www.aurorasolar.com](http://www.aurorasolar.com)*

- **Eficiencia.**

Al diseñar la configuración de las 120 “half-cells” en dos strings, se consigue que la corriente y el voltaje a la salida del módulo sea la misma que la de un panel de estándar de 60 células, pero la corriente interna se ha dividido por dos. De este modo se obtiene un aumento de la eficiencia de entre el 1,5 y 3%, cuestión a destacar.

Esto da como resultado un aumento del 1,5-3% en la eficiencia, que es más profundo de lo que parece. También tiene algunos efectos secundarios deseables.

- **Durabilidad.**

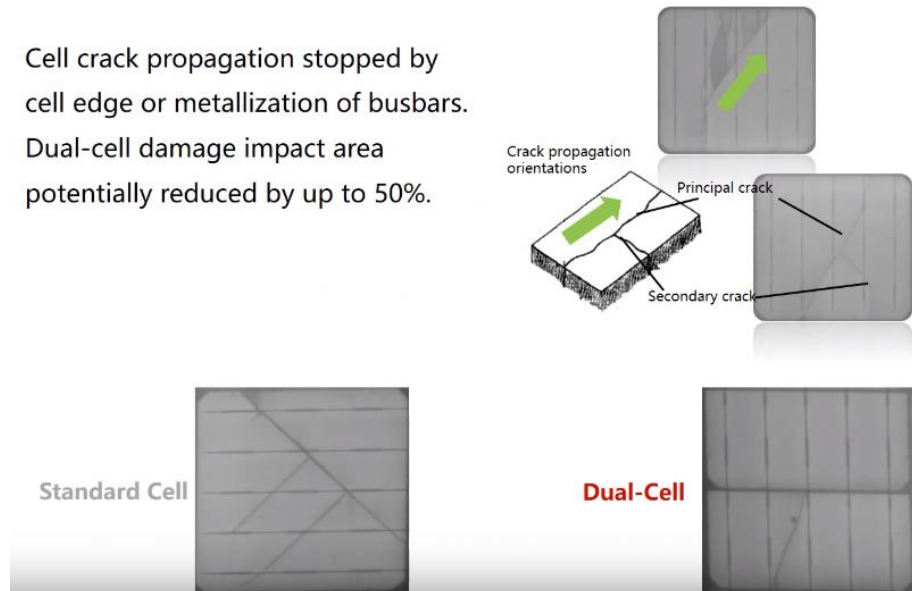
Al tratarse de células con la mitad de tamaño, el esfuerzo flexor es menor y se agrietan menos. La propagación de la microfisura se restringe al tamaño de esa media célula. Esto afecta también a la aparición de “puntos calientes”, que ven disminuida su presencia.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

### Higher Reliability: 50% Lower Micro-crack Risk

Cell crack propagation stopped by cell edge or metallization of busbars.  
Dual-cell damage impact area potentially reduced by up to 50%.



Cuadro 3.6. Protección ante micro grietas. Fte. [www.pveasy.com.au](http://www.pveasy.com.au)

Para el proyecto que se presenta, la elección de este modelo de panel fotovoltaico, de célula partida y alto rendimiento, supone aplicar las nuevas tecnologías a su vida útil, favoreciendo la eficiencia y, por consiguiente, la rentabilidad final. [3][4]

#### 3.1.2. Inversor.

La ficha técnica del inversor se puede obtener en la web del fabricante, en la siguiente dirección:

[https://www.solaredge.com/sites/default/files/se\\_commercial\\_three\\_phase\\_inverters.pdf](https://www.solaredge.com/sites/default/files/se_commercial_three_phase_inverters.pdf)

## Inversor Trifásico con Tecnología Synergy

SE50K / SE55K / SE82.8K



Garantía de  
12-20  
años

INVERSORES

### Especialmente diseñados para trabajar con los optimizadores de energía

- ✓ Fácil instalación a cargo de dos personas: cada unidad se monta por separado y está equipada con cables para una conexión sencilla entre unidades
- ✓ Reducción de BoS y de mano de obra en comparación con el uso de múltiples inversores de cadena más pequeños
- ✓ La operación independiente de cada unidad permite un mayor tiempo de actividad y un fácil mantenimiento
- ✓ Sin desperdicio de superficie: montado sobre pared/riel o en forma horizontal por debajo de los módulos (inclinación de 10°)
- ✓ Monitoreo a nivel de módulo integrado con Ethernet o telefonía móvil GSM
- ✓ Inversor de tensión fija para un rendimiento superior (98,3%) y cadenas más largas
- ✓ Unidad de conexión integrada con interruptor de seguridad en CC opcional – elimina la necesidad de protecciones externas en CC
- ✓ Protección contra Sobretensiones RS485 para resistir la caída de rayos eléctricos

[solaredge.com](http://solaredge.com)

**solar**edge

Cuadro 3.7. Ficha técnica inversor SE50K. Fte. SOLAREGE



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

## / Inversor Trifásico con Tecnología Synergy

SE50K / SE55K / SE82.8K

	SE50K <sup>(1)</sup>	SE55K	SE82.8K	
SALIDA				
Potencia nominal de salida CA	50000 <sup>(2)</sup>	55000	82800	VA
Máxima potencia de salida CA	50000 <sup>(2)</sup>	55000	82800	VA
Tensión de salida CA – Línea a línea / línea a neutro (nominal)	380/220; 400/230			Vac
Tensión de salida CA – Rango línea a línea / rango línea a neutro	304 - 437 / 176 - 253 ; 320 - 460 / 184 - 264,5			Vac
Frecuencia CA	50/60 ± 5			Hz
Corriente de salida continua máxima (por fase) @Vac,nom	76	80	120	A
Redes compatibles – Trifásicas	3 / N / PE (WYE con neutro)			V
Inyección de corriente residual máxima	250 por unidad <sup>(4)</sup>			mA
Monitoreo de red, protección contra funcionamiento en isla, factor de potencia configurable, umbrales configurables por países	Sí			
ENTRADA				
Potencia máxima de CC (módulo STC), inversor / unidad	67500 / 33750	74500 / 37250	111750 / 37250	W
Sin transformador, sin puesta a tierra	Sí			
Tensión máxima de entrada	1000			Vdc
Tensión de entrada CC nominal	750			Vdc
Corriente máxima de entrada	74	80	120	Adc
Protección contra polaridad inversa	Sí			
Detección de aislamiento de falla de puesta a tierra	Sensibilidad de 350 kΩ por unidad <sup>(4)</sup>			
Rendimiento máximo del inversor	98,3			%
Rendimiento ponderado europeo	98			%
Consumo de energía durante la noche	< 12			W
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES				
Interfaces de comunicación compatibles <sup>(5)</sup>	RS485, Ethernet, Plug-in GSM (opcional)			
Protección contra sobretensión RS485	Integrada			
UNIDAD DE CONEXIÓN				
Desconexión de CC (opcional)	1000 V / 2 x 40 A		1000 V / 3 x 40 A	
CUMPLIMIENTO DE NORMAS				
Seguridad	IEC-62109, AS3100			
Normas sobre conexión a la red <sup>(6)</sup>	VDE-AR-N-4105, G59/3, AS-4777, EN 50438, CEI-021, VDE 0126-1-1, CEI-016, BDEW			
Emisiones	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-11, IEC61000-3-12			
RoHS	Sí			
ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACIÓN				
Número de unidades	2		3	
Cable de salida CA	Prensacables, diámetro 22-32; diámetro del prensacables PE 10-16		Prensacables, diámetro 20-38; diámetro del Prensacables PE 10-16	mm
Entrada CC <sup>(7)</sup>	6 cadenas, cable de CC 4-10 mm <sup>2</sup> , diámetro exterior del prensacables 5-10 mm / 3 pares de conectores MC4 por unidad		9 cadenas, cable de CC 4-10 mm <sup>2</sup> , diámetro exterior del Prensacables 5-10 mm / 3 pares de conectores MC4 por unidad	
Cable de salida CA	Aluminio o cobre; L, N: Hasta 70, PE: Hasta 35		Aluminio o cobre; L, N: Hasta 95, PE: Hasta 50	mm <sup>2</sup>
Dimensiones (Al. x An. x Pr)	Unidad primaria: 940 x 315 x 260; unidad secundaria: 540 x 315 x 260			mm
Peso	Unidad primaria: 48; unidad secundaria: 45			kg
Rango de temperatura de trabajo	-40 a +60 <sup>(8)</sup>			°C
Enfriamiento	Ventilador (reemplazable por el usuario)			
Ruido	< 60			dBA
Grado de protección	IP65 – Exteriores e interiores			
Montaje sobre soporte (suministrado)				

<sup>(1)</sup> Disponible en Reino Unido, Hungría e Israel

<sup>(2)</sup> 49990 en el Reino Unido

<sup>(3)</sup> Si se requiere un interruptor diferencial residual externo, su valor de actuación debe ser: ≥ 300 mA por unidad (≥ 600 mA para el SE50K/SE55K, ≥ 900 mA para el SE82.8K)

<sup>(4)</sup> De acuerdo con las regulaciones locales, o permitir:

<sup>(5)</sup> Consultar Datasheets (Fichas técnicas) -> Comunications (Comunicaciones) en la página Downloads (Descargas) para ver las especificaciones de las opciones de comunicación opcionales: <https://www.solaredge.com/groups/support/downloads>

<sup>(6)</sup> Consultar Certifications (Certificaciones) en la página Downloads (Descargas) para ver todas las normativas: <https://www.solaredge.com/groups/support/downloads>

<sup>(7)</sup> El tipo de entrada CC, con conectores MC4 o prensacables, e interruptor de CC, depende del número de artículo solicitado. Inversor con prensacables e interruptor de CC, P/N: SE50K-xdP0BN4, Inversor con prensacables y sin interruptor de CC, P/N: SE50K-xdP0BN4, Inversor con conectores MC4 e interruptor de CC, P/N: SE50K-xdP0BN4, Inversor con conectores MC4 y sin interruptor de CC, P/N: SE50K-xdP0BN4

<sup>(8)</sup> Para más información sobre reducción de la potencia, consulte a: <https://www.solaredge.com/sites/default/files/sc-temperature-crating-note.pdf>

© SolarEdge Technologies, Inc. Todos los Derechos Reservados. SOLAREGE, el logo de SolarEdge, OPTIMIZED BY SOLAREGE son marcas comerciales o registradas de SolarEdge Technologies, Inc. Cualquier otra marca que se mencione en este documento es propiedad de su correspondiente titular. Fecha: 10/2018/V01/SP ARG. Sujeto a cambios sin previo aviso.

**CE RoHS**

Cuadro 3.8. Ficha técnica inversor SE50K. Fte. SOLAREGE

### 3.1.3. Optimizador.

La ficha técnica del optimizador se puede obtener en la web del fabricante, en la siguiente dirección:

<https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-p-series-commercial-add-on-power-optimizer-datasheet-sp-row.pdf>

## Optimizador de potencia

P650 / P701 / P730 / P800p / P801 / P850 / P950 / P1100



25  
AÑOS DE  
GARANTÍA

## OPTIMIZADOR DE POTENCIA

### Optimización de potencia FV a nivel de módulo

La solución más económica para instalaciones industriales y a gran escala

- Especially diseñados para trabajar con inversores SolarEdge
- Hasta un 25 % más de energía
- Rendimiento superior (99,5%)
- Reducción de costes BoS; hasta 50% menos en cables, fusibles y cajas de conexiones, gracias a la posibilidad de crear strings dos veces más largos
- Instalación rápida con un solo tornillo
- Mantenimiento avanzado gracias a la monitorización a nivel de módulo
- Desconexión de la tensión a nivel de módulo para la seguridad de los instaladores y bomberos
- Diseñados para uso con dos módulos FV conectados en serie o en paralelo

[solaredge.com](https://www.solaredge.com)



Cuadro 3.9. Ficha técnica optimizador P950. Fte. SOLAREGE





Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

## / Optimizador de potencia

P800p / P801 / P850 / P950 / P1100

Modelo de optimizador (compatibilidad típica de módulo)	P800p (conexión en paralelo de 2 módulos FV de 96 células 5")	P801 (hasta 2 módulos FV de 72 células)	P850 (hasta 2 módulos FV de alta potencia o bifaciales)	P950 (hasta 2 módulos FV de alta potencia o bifaciales)	P1100 (hasta 2 módulos FV de alta potencia o bifaciales)	
ENTRADA						
Potencia nominal CC de entrada <sup>(1)</sup>	800	800	850	950	1100	W
Método de conexión	Entrada doble para conexión en paralelo <sup>(2)</sup>	Entrada única para módulos conectados en serie				
Tensión máxima absoluta de entrada (Voc a la temperatura más baja)	83	125				Vcc
Rango de operación MPPT	12,5 - 83	12,5 - 105				Vcc
Corriente máxima de entrada (Isc)	7	11,75	12,5		14	Acc
Rendimiento máximo	99,5					%
Rendimiento ponderado	98,6					%
Categoría de sobretensión	II					
SALIDA DURANTE EL FUNCIONAMIENTO (OPTIMIZADOR DE POTENCIA CONECTADO AL INVERSOR SOLAREEDGE EN FUNCIONAMIENTO)						
Corriente máxima de salida	18	15	18			Acc
Tensión máxima de salida	80					Vcc
SALIDA DURANTE STANDBY (OPTIMIZADOR DE POTENCIA DESCONECTADO DEL INVERSOR SOLAREEDGE O INVERSOR SOLAREEDGE APAGADO)						
Tensión de salida de seguridad por optimizador de potencia	1 ± 0,1					Vcc
CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS						
CEM	FCC, Parte 15, Clase B, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3					
Seguridad	IEC62109-1					
RoHS	Si					
Seguridad contra incendios	VDE-AR-E 2100-712:2013-05					
ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACIÓN						
Inversores SolarEdge compatibles	Inversores trifásicos SE16K y superiores				Inversores trifásicos SE25K y superiores	
Tensión máxima permitida del sistema	1000					Vcc
Dimensiones (An. x La. x Al.)	129 x 168 x 59	129 x 153 x 49,5	129 x 162 x 59			mm
Peso (incluidos cables)	1064	933	1064			gr
Conector de entrada	MC4 <sup>(3)</sup>					
Longitud de cable de entrada	0,16	0,16 , 0,9	0,16 , 0,9 , 1,3 , 1,6 <sup>(4)</sup>	0,16 , 1,3 , 1,6	0,16 , 0,9 , 1,3 , 1,6 <sup>(4)</sup>	m
Conector de salida	MC4					
Longitud de cable de salida	1,2 (conexión módulos en vertical)				2,4 (conexión módulos en horizontal)	m
	1,8 (conexión módulos en horizontal)	2,2 (conexión módulos en horizontal)				
Rango de temperatura de trabajo <sup>(4)</sup>	-40 - +85					°C
Grado de protección	IP68 / NEMA6P					
Humedad relativa	0 - 100					%

(1) La Potencia STC nominal del módulo no puede exceder la "Potencia nominal de CC de entrada" del optimizador. Módulos con hasta un +5% de tolerancia de potencia permitida

(2) Para otros tipos de conectores contactar con SolarEdge

(3) Longer inputs wire length are available for use with split junction box modules. (For 0.9m/0.52ft order P801/P850/P1100-xxxLxxx. For 1.3m/4.26ft order P850/P950/P1100-xxxYxxx. For 1.6m/5.24ft order P850/P950/P1100-xxxYxxx)

(4) Para temperaturas ambiente superiores a los +70°C, se aplica reducción de la potencia. Consultar la Nota de aplicación de reducción de potencia por temperatura de los optimizadores para más detalles

Cuadro 3.10. Ficha técnica optimizador P950. Fte. SOLAREEDGE



## / Optimizador de potencia

P650 / P701 / P730 / P800p / P801 / P850 / P950/ P1100

DISEÑO DE SISTEMA FV usando un inversor SolarEdge <sup>(5)(6)(7)(8)</sup>		TRIFÁSICO SE15K Y SUPERIORES	TRIFÁSICO SE16K Y SUPERIORES								TRIFÁSICO PARA RED 277/480V							
Optimizadores de potencia compatibles		P650	P650	P701	P730	P801	P800p / P850	P950	P1100	P650	P701	P730	P801	P800p / P850	P950	P1100		
Longitud mínima de string	Optimizadores de potencia	14																
	Módulos FV	27																
Longitud máxima de string	Optimizadores de potencia	30																
	Módulos FV	60																
Potencia máxima por string		11250 <sup>(9)</sup>					13500 <sup>(9)</sup>			12750 <sup>(10)</sup>				15300 <sup>(10)</sup>			W	
Strings paralelos de distintas longitudes o formatos		Si																

(5) P650/P701/P730/P801 se pueden mezclar en un mismo string y P850/P800p/P950/P1100 se pueden mezclar en un mismo string. No se pueden mezclar P650/P701/P730/P801 con P850/P800p/P950/P1100, no se pueden mezclar P650-P1100 con P370-P505 en un mismo string

(6) En caso de strings con número de módulos impares es posible instalar un optimizador P650/P701/P730/P850/P800p/P801/P950/P1100 conectado con un sólo módulo. En caso de conectar un optimizador P800p con un módulo solamente sellar la entrada que no se utilice con el par de tapones suministrados

(7) Los optimizadores de potencia diseñados para conexión con 2 módulos (2:1) se pueden usar con un único panel (1:1) si se usa la conexión 1:1 en el string completo

(8) P850 sustituye el P800, ambos se pueden usar indistintamente y se pueden conectar en el mismo string. Para SE15k y superior la potencia mínima de CC debe ser de 11kW

(9) Para red 230/400V. Con P650/P701/P730/P801 se pueden instalar hasta 13,500W por string, con P850/P800p hasta 15,750W por string y con P950/P1100 hasta 18,500W por string, cuando la diferencia de potencia máxima entre strings es de 2.000W

Con P950/P1100 se requieren como mínimo dos strings para los inversores SE16K-SE27.6K y como mínimo tres strings para SE30K y superiores

(10) Para red 277/480V. Con 650/P701/P730/P801 se pueden instalar hasta 15,000W por string, con P850/P800p hasta 17,550W y con P950/P1100 hasta 20,300 W por string, cuando la diferencia de potencia máxima entre strings es de 2.000W

Con P950 y P1100 se requieren como mínimo tres strings para los inversores SE33.3K y SE40K

Cuadro 3.11. Ficha técnica optimizador P950. Fte. SOLAREEDGE

### 3.2. CÁLCULOS.

#### 3.2.1. Cálculo de la producción solar.

A partir de los datos de radiación solar horizontal, transformados para una inclinación de 5° sobre la horizontal y acimut de 105°, en formato SOLAREEDGE (-75° formato estándar), que corresponde a la cubierta del pabellón en Cantabria, se recibirá una producción de energía mensual promedio (kWh/mes):

Tabla 3.1 Producción energía mensual promedio.

	E. mensual (kWh/mes)
Enero	2.030
Febrero	2.861
Marzo	4.954
Abril	6.028
Mayo	7.440
Junio	7.485
Julio	7.597
Agosto	6.759
Septiembre	5.302
Octubre	3.663
Noviembre	2.151
Diciembre	1.673
Año	57.943



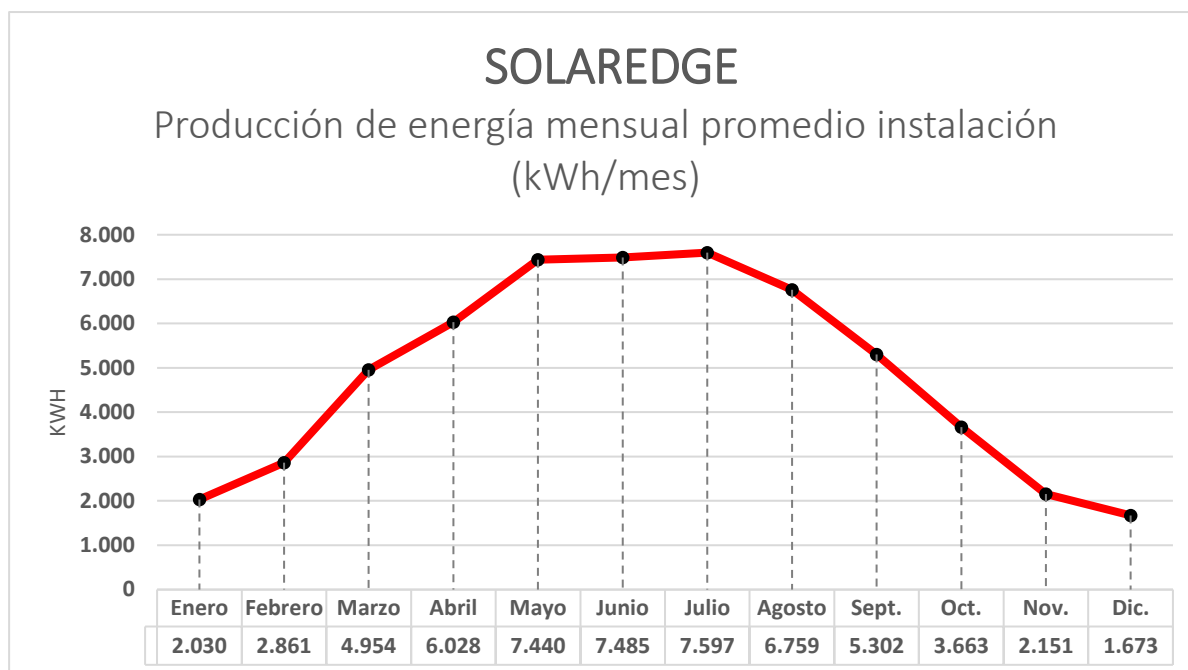


Gráfico 3.1 Datos de producción de energía mensual promedio instalación.

El precio medio del kWh generado por la instalación solar será de 0,068 €/kWh considerando la producción ponderada en los tres periodos de discriminación horaria y un aprovechamiento del 100% de la energía.

Del análisis de las facturas eléctricas, se ha estimado que el 86% de la generación solar se podrá autoconsumir directamente dentro del horario de tarifa diurna y el 14% restante se consumirán por compensación de excedentes, por lo que el ahorro medio anual generado por la instalación solar será, aproximadamente, del 30%.

Este ahorro irá en incremento proporcionalmente a la subida de la energía, que se estima entre el 3% y el 5%, en un escenario normal. Aunque hay que destacar que, a lo largo de 2021, el coste de la electricidad se ha disparado y se prevé incrementos hasta la primavera de 2022. Por lo que no es imprudente plantear una mayor rentabilidad de la instalación fotovoltaica. Según la OCU:

*“La factura de la luz acumulada durante 2021 resulta un 25,1% más cara que la del año 2020 hasta el mes de agosto” [6].*

### 3.2.2. Cálculos eléctricos.

Para realizar los cálculos de la instalación eléctrica se considerarán las siguientes tensiones nominales y caídas de tensión máxima admisible según el R.E.B.T. De acuerdo a la ITC BT40:



“Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución pública o a la instalación interior no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal.”

La instalación proyectada se realizará teniendo en cuenta que habrá una parte de corriente continua (DC) y otra de corriente alterna (AC), con sistema unido directamente a tierra. La red de alterna es trifásica (tres fases y neutro), con una tensión nominal en el origen de la instalación de 400/230 V entre fase y neutro a la frecuencia normalizada de 50 Hz.

Para efectuar los cálculos de dimensionamiento, se considerará una temperatura ambiente de 40 °C. Se empleará como sistema de distribución de puesta a tierra el TT.

Se establece según el REBT una caída de tensión máxima del 1,5%. Conocidas las potencias de salida de los equipos, los voltajes y las longitudes de la línea para el cálculo de las secciones y caída de tensión, se emplearán las fórmulas siguientes:

Tipo de corriente	Sección	Caída de tensión	Pérdida de potencia	Siendo
CONTÍNUA ( $\cos \varphi = 1$ ) Y MONOFÁSICA	CONOCIDA LA INTENSIDAD		$\Delta W = \frac{200 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V^2 \cdot \cos^2 \varphi}$	$S$ = Sección del conductor, en mm <sup>2</sup> $I$ = Intensidad de corriente, en amperios $V$ = Tensión de servicio, en Voltios $W$ = Potencia transportada en Watios $L$ = Longitud de la línea, en metros $\Delta V$ = Caída de tensión desde el principio hasta el final de la línea, en Voltios $\Delta W$ = Pérdida de potencia desde el principio hasta el final de la línea en % $K$ = Conductibilidad eléctrica, para el cobre 56
	$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot \Delta V}$	$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot S}$		
	CONOCIDA LA POTENCIA			
	$S = \frac{2 \cdot L \cdot W}{K \cdot \Delta V \cdot V}$	$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V}$		
TRIFÁSICA	CONOCIDA LA INTENSIDAD		$\Delta W = \frac{100 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V^2 \cdot \cos^2 \varphi}$	
	$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot \Delta V}$	$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot S}$		
	CONOCIDA LA POTENCIA			
	$S = \frac{L \cdot W}{K \cdot \Delta V \cdot V}$	$\Delta V = \frac{L \cdot W}{K \cdot S \cdot V}$		

Cuadro 3.12 Fórmulas para cálculo de la sección según ITC-BT 40.

Para calcular las protecciones se emplearán las fórmulas de sobrecargas:

- En protección contra sobrecargas se han de cumplir estos factores:

$$I_b < I_n < I_z ; 17,80A < 25A < 65A$$

$$I_2 = 1,9 \times I_n ; I_2 < 1,45 \times I_z$$

$$I_2 = 1,9 \times 25A = 47,5A ; I_z = 1,45 \times 65 = 94,25A$$

$$47,5A < 94,25A$$



## Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Esto quiere decir que la intensidad calculada ( $I_b$ ) tiene que ser menor que la intensidad del fusible ( $I_n$ ) y esta a su vez menor que la intensidad que soporta el cable ( $I_z$ ).

También hay que tener en cuenta que la intensidad de funcionamiento ( $I_2$ ) sea menor a la intensidad que soporta el cable ( $I_z$ ) por 1,45.

Siendo:

- $I$ ; intensidad en amperios (A).
- $V$ ; tensión simple en voltios (V).
- $W$ ; potencia activa en vatios (W).
- $Q$ ; potencia reactiva en voltios amperios reactivos (VAr).
- $S$ ; potencia aparente en voltios amperios (VA).
- $V$ ; tensión compuesta en voltios (V).
- $L$ ; longitud sencilla de la línea en metros (m).
- $K$ ; conductividad del conductor en ( $m/\Omega \text{ mm}^2$ ) 56 para el Cu, 35 para Al.
- $S$ ; sección del conductor de fase ( $\text{mm}^2$ ).
- $\cos \phi$ ; factor de potencia.
- $\Delta V$  (%); caída de tensión.

De acuerdo a lo expuesto, se ha elaborado una tabla de cálculo de secciones de las líneas de alimentación de los principales equipos.

Tabla 3.2 Resumen de líneas - sección - caída tensión (%).

Elemento	Potencia (W)	Corr.	Tensión (V)	L. línea (m)	Sección ( $\text{mm}^2$ )	Conductor	Tipo	Tipo de acometida	F.Pot	I. circu (A)	I. máx. línea (A)	F. correc.	I. máx. línea (A)	Caída tensión (V)	Caída tensión (%)
Circuito 1 módulos	13.350	CC	750	108	10	monopolar	XLPE	instalación B1	1	17,80	65	1	65	6,87	0,92
Circuito 2 módulos	13.350	CC	750	103	10	monopolar	XLPE	instalación B1	1	17,80	65	1	65	6,55	0,87
Circuito 3 módulos	13.350	CC	750	101	10	monopolar	XLPE	instalación B1	1	17,80	65	1	65	6,42	0,86
Circuito 4 módulos	13.350	CC	750	99	10	monopolar	XLPE	instalación B1	1	17,80	65	1	65	6,29	0,84
Circuito 5 inversor	50.000	AC/TRI	400	5	25	monopolar	XLPE	instalación B1	1	72,25	110	1	110	0,45	0,11

Por tanto, la sección del cable será la siguiente:

- Corriente alterna AC: Cable 4 x 25  $\text{mm}^2$ .
- Corriente continua DC: Cable monopolar de 2 x 10  $\text{mm}^2$  por cada string.

La suma de las caídas de tensión es  $0,92+0,11= 1,03\%$ , por lo que cumple con los requisitos de caídas de tensión máxima admisible según el R.E.B.T.



Para los cálculos, se ha considerado la ITC-BT 19 para la elección del tipo de conductor de alimentación a los diferentes receptores. Se incluye un resumen de la ITC-BT 19, considerando en todo momento conductor RZ1 libre de halógenos aislante XLPE.

Tabla 3.3. Tipo de sección/instalación bipolar. Fte. ITC-BT 19

C bipolar							
Sección	instalación A1	instalación A2	instalación B1	instalación B2	instalación C	instalación E	instalación F
1,5	16	15	20	16,5	21	24	-
2,5	22	21	26,5	23	24	33	-
4	30	27	36	31	38	45	-
6	37	36	46	40	49	57	-
10	52	50	65	54	68	76	-
16	70	66	87	73	91	105	-
25	88	84	110	95	116	123	140
35	110	104	137	119	144	154	174
50	133	125	167	145	175	188	210
70	171	160	214	185	224	244	269
95	207	194	259	224	271	296	327
120	240	225	301	260	314	348	380
150	278	260	343	299	363	404	438
185	317	297	391	341	415	464	500
240	374	350	468	401	490	552	590
300	430	401	538	461	563	638	678
400	515	480	645	552	674	770	812
500	592	551	741	633	774	889	931
630	681	632	853	728	890	1.028	1.071

Tabla 3.4 Tipo de sección/instalación tripolar. Fte. ITC-BT 19

C tripolar							
Sección	instalación A1	instalación A2	instalación B1	instalación B2	instalación C	instalación E	instalación F
1,5	15	13,5	16,5	16	19	20	21
2,5	21	18,5	23	22	26	26,5	24
4	27	24	31	30	34	36	38
6	36	32	40	37	44	46	49
10	50	44	54	52	60	65	68
16	66	59	73	70	81	87	91
25	84	77	95	88	106	110	116
35	104	96	119	110	127	137	144
50	125	117	145	133	155	167	175
70	160	149	185	171	199	214	224
95	194	180	224	207	241	259	271
120	225	208	260	240	280	301	314
150	260	236	299	278	322	343	363
185	297	268	341	317	368	391	415



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

240	350	315	401	374	435	468	490
300	401	361	461	430	500	538	563
400	480	431	552	515	687	645	674
500	551	493	633	592	699	741	774
630	632	565	728	681	790	853	890

Donde los métodos de instalación son los siguientes:

Método de instalación A1

- Conductores unipolares aislados en tubos empotrados en paredes aislantes.
- Cables multiconductores empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes.
- Conductores unipolares aislados en molduras.
- Conductores unipolares aislados en conductos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las puertas.
- Conductores unipolares aislados en tubos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las ventanas.

Método de instalación A2

- Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes.

Método de instalación B1

- Conductores unipolares aislados en tubos (2) en montaje superficial o empotrados en obra.
- Conductores unipolares aislados en pared de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.
- Conductores unipolares aislados en conductos de sección no circular sobre pared de madera.
- Conductores unipolares aislados en conductos empotrados en pared de obra.
- Cables unipolares o multiconductores en huecos de obra de fábrica (1).
- Conductores unipolares aislados en tubos dentro de huecos de obra de fábrica (1).
- Conductores unipolares aislados en conductos de sección no circular en huecos de obra de fábrica (1).
- Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora fijada a una pared de madera o empotrada en el suelo (1).
- Cables uni o multiconductores en falsos techos o techos suspendidos (1).
- Conductores unipolares aislados en canal protectora suspendida.
- Conductores unipolares aislados en canales de obra ventilados.
- Cables uni o multiconductores en canales de obra ventilados.



- Conductores unipolares aislados o cables unipolares dentro de zócalos acanalados.

#### Método de instalación B2

- Cables multiconductores en tubos (2) en montaje superficial o empotrados en obra.
- Cables multiconductores en tubos sobre pared de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.
- Cables multiconductores en conductos de sección no circular sobre pared de madera.
- Cables multiconductores dentro de zócalos acanalados.

#### Método de instalación C

- Cables multiconductores directamente sobre la pared (3).
- Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas no perforadas.
- Cables unipolares o multiconductores fijados en el techo o pared de madera o espaciados 0,3 veces el diámetro del cable.
- Cables uni o multiconductores empotrados directamente en paredes.

#### Método de instalación E

- Cables multiconductores a aire libre (4). Distancia a la pared no inferior a 0,3D (5).
- Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical.
- Cables unipolares o multiconductores sobre soportes.
- Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fiador.

#### Método de instalación F

- Cables unipolares en contacto mutuo (4). Distancia a la pared no inferior a D (5).
- Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical.
- Cables unipolares o multiconductores sobre soportes.
- Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fiador.
- El tipo F se aplica a los mismos sistemas de instalación que el tipo E, cuando la sección del conductor es superior a 25mm<sup>2</sup>.

(1) Según la relación entre el diámetro del cable y su alojamiento, puede ser de aplicación el método B2.



- (2) Incluyendo canales para instalaciones -canaletas- y conductos de sección no circular.
- (3) O en bandeja no perforada.
- (4) O en bandeja perforada.
- (5) D es el diámetro del cable.

#### 3.2.2.1. Elementos de protección de la instalación.

Será de aplicación la normativa vigente, prevista en art. 14 del Real Decreto 1.699/2.011, de 18 de Noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. Se cita:

*“Artículo 14. Protecciones.*

*...incluyendo lo siguiente:*

*a) Un elemento de corte general que proporcione un aislamiento requerido por el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.*

*Eventualmente, las funciones del elemento de corte general pueden ser cubiertas por otro dispositivo de la instalación generadora, que proporcione el aislamiento indicado entre el generador y la red.*

*b) Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra.*

*c) Interruptor automático de la conexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento. Eventualmente la función desarrollada por este interruptor puede ser desempeñada por el interruptor o interruptores de los equipos generadores. Eventualmente, las funciones del interruptor automático de la conexión y el interruptor de corte general pueden ser cubiertas por el mismo dispositivo.*

*d) Protecciones de la conexión máxima y mínima frecuencia (50,5 Hz y 48 Hz con una temporización máxima de 0.5 y de 3 segundos respectivamente) y máxima y mínima tensión entre fases (1,15 Un y 0,85 Un) como se recoge en la tabla 1, donde lo propuesto para baja tensión se generaliza para todos los demás niveles. En los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares, los valores anteriores serán los recogidos en los procedimientos de operación correspondientes. La tensión para la medida de estas magnitudes se deberá tomar en el lado red del interruptor automático general para las instalaciones en alta tensión o de los interruptores principales de los generadores en*





*redes en baja tensión. En caso de actuación de la protección de máxima frecuencia, la reconexión sólo se realizará cuando la frecuencia alcance un valor menor o igual a 50 Hz.*

Tabla 1

Parámetro	Umbral de protección	Tiempo máximo de actuación
Sobretensión –fase 1.	$U_n + 10\%$	1,5 s
Sobretensión – fase 2.	$U_n + 15\%$	0,2 s
Tensión mínima.	$U_n - 15\%$	1,5 s
Frecuencia máxima.	50,5 Hz	0,5 s
Frecuencia mínima.	48 Hz	3 s

*e) Además para tensión mayor de 1 kV y hasta 36 kV, inclusive, se deberá añadir el criterio de desconexión por máxima tensión homopolar.*

*2. Estas protecciones pueden actuar sobre el interruptor general o sobre el interruptor o interruptores del equipo o equipos generadores.*

*3. Las protecciones deberán ser precintadas por la empresa distribuidora, tras las verificaciones necesarias sobre el sistema de conmutación y sobre la integración en el equipo generador de las funciones de protección.*

*4. En caso en el que el equipo generador o el inversor incorporen las protecciones anteriormente descritas, éstas deberán cumplir la legislación vigente, en particular, el Reglamento electrotécnico de baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, y el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, para instalaciones que trabajan en paralelo con la red de distribución. En este caso no será necesaria la duplicación de las protecciones.” [7]*



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

En nuestro caso:

Tabla 3.5 Elección de las protecciones.

Protecciones	Cantidad
Fusible DC de 25 A y 1000 Vdc	2 uds. por cada string de módulos
Magnetotérmico de 4 polos de 80 A	1 ud. por inversor
Diferencial de 4 polos de 100 A y 300 mA	1 ud. por inversor



Cuadro 3.13 Portafusibles DC 25A. Fte. Schneider Electric.



Cuadro 3.14 Magnetotérmico de 4 polos de 80 A. Fte Schneider Electric.



Cuadro 3.15 Diferencial de 4 polos de 100 A y 300 mA. Fte. Schneider Electric.



A modo explicativo, de forma breve, utilizamos los interruptores diferenciales para proteger al usuario de contactos directos e indirectos. El valor de la sensibilidad de éstos, es el que se toma como referencia para elegir dicho interruptor diferencial.

Por ejemplo, en instalaciones de viviendas, el valor, por normativa, es de 30 mA (miliamperios). Cualquier derivación superior a ese valor, es detectada y salta el interruptor.

En instalaciones que no sean viviendas, se permite aumentar ese valor (siempre que no sean locales húmedos). Es frecuente que el valor sea de 300 mA.

El otro valor que identifica al interruptor diferencial es el valor de intensidad, para que esté en consonancia con la intensidad que circula por la línea, pero esta función de corte por intensidad no la debe de realizar el diferencial sino el interruptor magnetotérmico, por ello es recomendable que tenga un valor superior a éste.

#### 3.2.2.2. *Puesta a tierra de la instalación.*

Será de aplicación lo incluido en Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre. Se cita:

*“Artículo 15. Condiciones de puesta a tierra de las instalaciones.*

*1. La puesta a tierra de las instalaciones interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.*

*2. La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.*

*3. Las masas de la instalación de generación estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora y cumplirán con lo indicado en los reglamentos de seguridad y calidad industrial vigentes que sean de aplicación.”*

[7]



### 3.3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAREGE.

#### 3.3.1. Cuestiones generales.

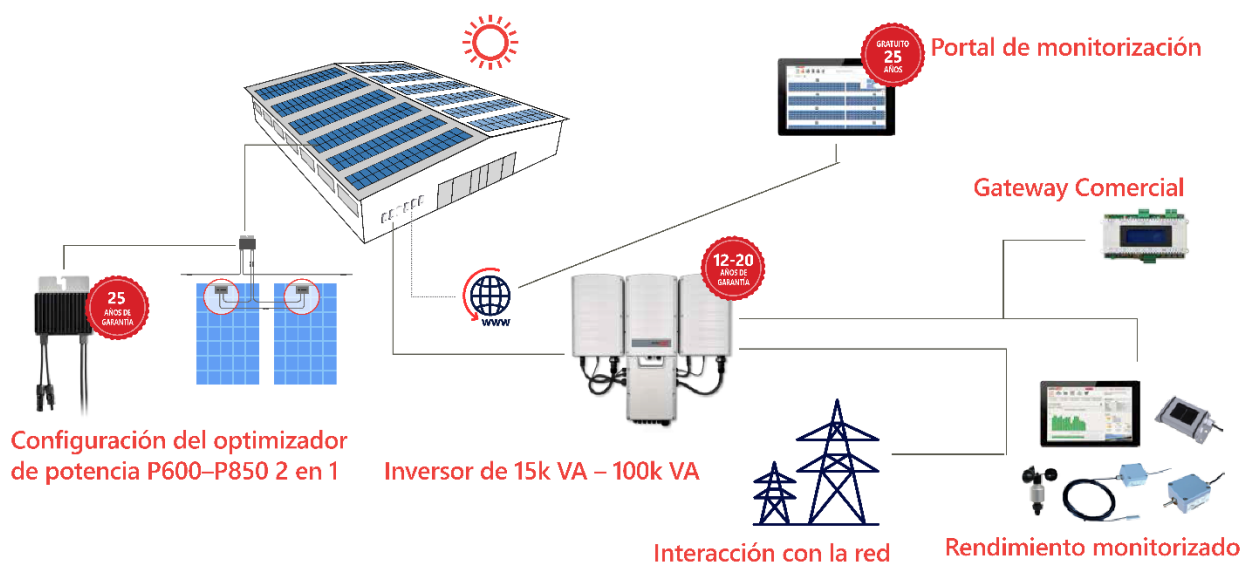
El sistema SOLAREGE que se desea instalar se compone de 120 paneles fotovoltaicos de 445W, 60 optimizadores de potencia modelo P956 y un inversor trifásico modelo SE50K con Tecnología Synergy.

Empezando por los módulos fotovoltaicos, el módulo convierte la luz solar en electricidad. Dicho módulo está conectado a una unidad denominada optimizador de potencia. Es un convertidor DC/DC que se utiliza para maximizar la energía generada por el módulo fotovoltaico.

El optimizador recibe constantemente energía del módulo solar y, junto a otros optimizadores conectados, regula el voltaje del string para alcanzar los requisitos de operación del inversor.

Cada string de paneles/optimizadores está conectado al inversor, el cual transforma la electricidad producida por los paneles en corriente alterna apta para la red de consumo.

#### Diagrama del sistema para instalaciones industriales



Cuadro 3.16 Esquema instalación industrial. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com)

Parte primordial de este sistema es la utilización de los antes mencionados optimizadores de potencia. Así, se consigue maximizar la potencia de cada módulo solar,

de forma independiente y optimizada, frente al sistema tradicional de módulo e inversor, en donde un panel con menor producción puede lastrar a todo un string.



Cuadro 3.17. Sistema SOLAREEDGE vs Tradicional – Sombreados. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com)

El rendimiento del sistema puede verse afectado por diversos factores que afectan a los módulos solares:

- De fábrica, módulos iguales no rinden lo mismo.
- Efectos de sombra.
- Temperatura, suciedad, pequeños defectos por transporte.
- Diferentes orientaciones e inclinaciones dentro de un mismo sistema.

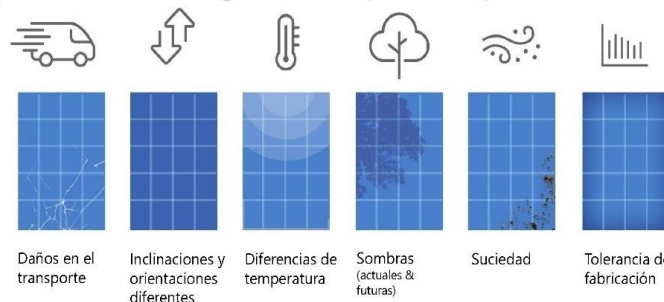


Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

### Sistema fotovoltaico tradicional

■ En un sistema no optimizado, las diferencias de producción entre paneles suponen una pérdida de rendimiento en el sistema

■ Los optimizadores de SolarEdge eliminan las pérdidas de producción



Cuadro 3.18. Factores negativos. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com).

Al utilizar los optimizadores podemos anular o minimizar todos estos factores adversos. Del mismo modo, este tipo de tecnología permite reglas de diseño de los strings con más módulos y de forma más flexible.

SafeDC™ es una característica de seguridad integrada en cada panel diseñada para minimizar el riesgo de electrocución. Logrado por optimizadores de energía que cambian automáticamente al modo de seguridad. Cuando ocurre un riesgo, el voltaje de salida de cada panel se reduce a solo 1V en cualquiera de estos casos:

- Durante una instalación, cuando los paneles están desconectados del inversor o el inversor está apagado
- Durante el mantenimiento o en caso de emergencia, cuando el inversor o la conexión de AC están desconectados
- Cuando la temperatura supera los 85 °C detectada por el optimizador de energía

La función SOLAREEDGE SafeDC™ está certificada en Europa como desconectador de DC de acuerdo con IEC / EN 60947-1 e IEC / EN 60947-3 y con las normas de seguridad VDE AR 2100-712 y OVE R-11-1.



Cuadro 3.19 Sistema de seguridad Safe DC. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com).

Existen instalaciones fotovoltaicas que pueden alcanzar tensiones de 1.500 Vdc. Para garantizar la seguridad de personas es conveniente tomar medidas. En un inversor tradicional, al desconectar de la red o apagar el inversor sigue habiendo tensión en la parte de DC, si existe radiación solar.

Asimismo, pueden ocasionarse arcos eléctricos y provocar un incendio. SOLAREGE aporta una solución de seguridad añadida para riesgos de electrocución e incendio.

El gráfico 3.2 se muestra cómo, una vez apagado el inversor, o en ausencia de alimentación en la parte de alterna, la corriente de DC también se apaga y permanece un voltaje de seguridad



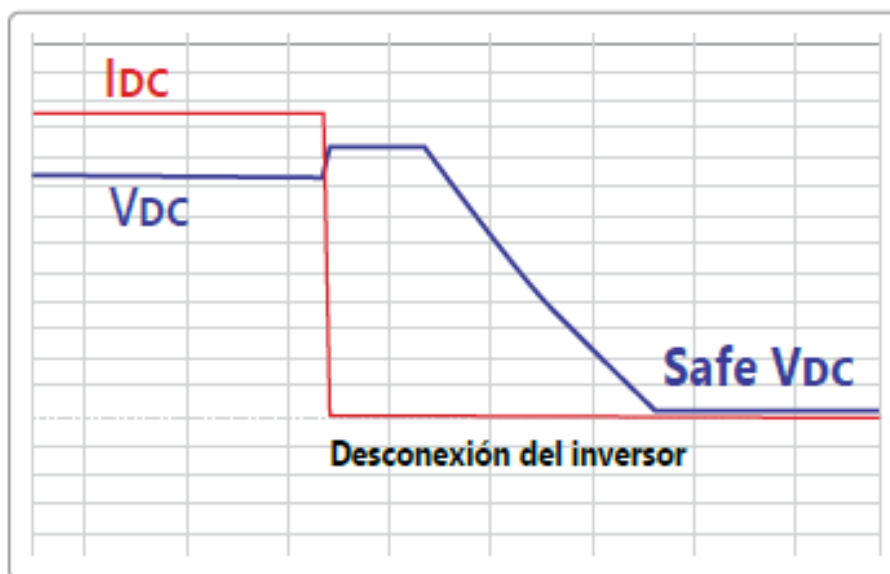


Gráfico 3.2 Comportamiento del Vdc e Idc con sistema Safe DC. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com)

### 3.3.1. Consideraciones de diseño del sistema Solaredge.

Antes de comenzar con el diseño del sistema fotovoltaico debemos contemplar ciertas reglas:

1. Seleccionar el inversor: Monofásico o trifásico. Generalmente, para el ámbito residencial se utilizan sistemas monofásicos. Las redes trifásicas son más habituales en el sector comercial e industrial, con necesidades de potencias superiores.

2. Seleccionar el optimizador:

- Comprobar que es compatible con el inversor.
- Comprobar el máximo voltaje de entrada (a la mínima temperatura), la corriente máxima de entrada y potencia nominal de entrada.
- Comprobar si el optimizador permite conectar uno o dos módulos fotovoltaicos, pudiendo ser en serie o paralelo (dependiendo del optimizador seleccionado).

3. Diseñar el string dentro del min/max número de optimizadores para la máxima potencia.

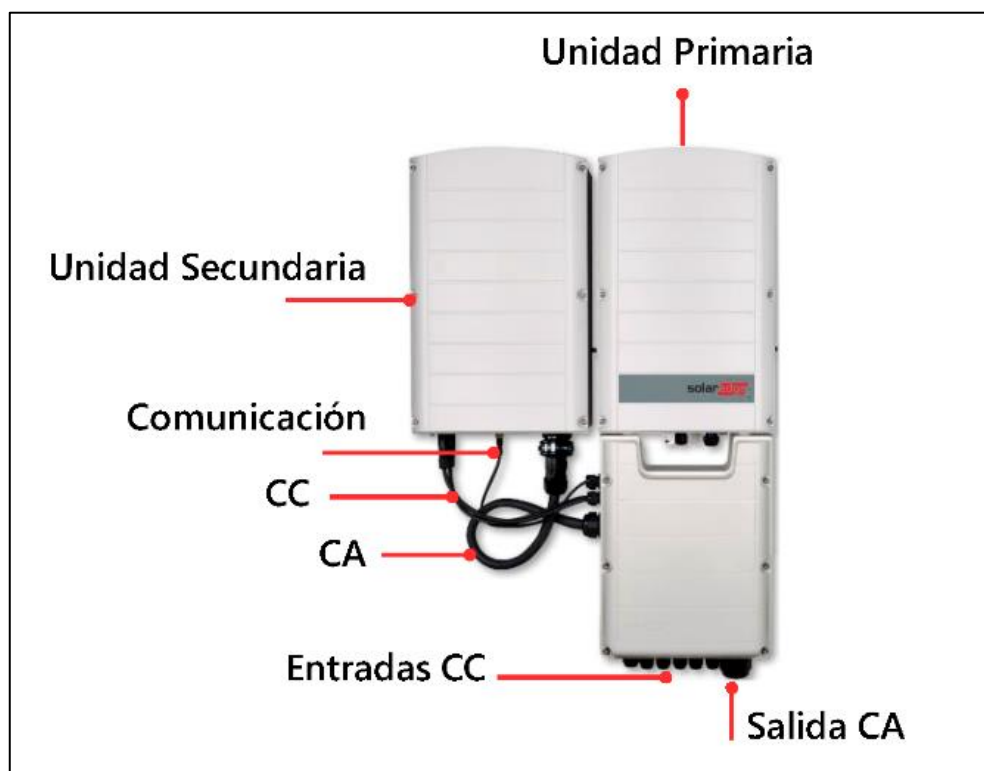
- Comprobar las reglas de diseño del string en la ficha técnica del optimizador.

- b. Comprobar si los optimizadores usados (en caso de ser de diferentes modelos) son compatibles entre sí.

A la hora de seleccionar qué optimizadores son apropiados para los paneles solares se debe comprobar la compatibilidad. Por ejemplo, el voltaje a circuito abierto del módulo ( $V_{oc}$ ) cambia a medida que la temperatura varía. Hay que verificar en la ficha técnica del módulo, el apartado de características térmicas, y verificar compatibilidades.

### 3.3.2. Descripción del funcionamiento del sistema.

En nuestro caso, el inversor que se ve en el Cuadro 3.20, está configurado para convertir un voltaje de entrada fijado (que es el voltaje de entrada nominal), en este caso 750V en DC, en un voltaje de salida de 400V en corriente alterna (AC).



Cuadro 3.20. Inversor trifásico SE50K para conexión a red trifásica 400V. FTE. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com).

Con el objetivo de poder entender el ciclo diario de la instalación solar, describiré sus fases a continuación.



#### 3.3.2.1. *Despertar del sistema.*

Durante la noche, la radiación solar cae y no se produce ninguna potencia. Cuando el voltaje de la instalación cae por debajo de 6V, el inversor pasa a “modo noche” y queda en standby hasta el amanecer.

Durante el amanecer, la potencia de los paneles activa los optimizadores, provocando que cada optimizador genere una tensión de salida de 1V. Una vez que el voltaje generado por el string de optimizadores supera los 6V, el inversor entiende que ha comenzado un nuevo día.

A partir de este momento, el inversor comienza a enviar órdenes a los optimizadores para que pasen de ese voltaje de seguridad de 1V e incrementen el voltaje de salida. La comunicación entre inversor y optimizador se sigue produciendo durante el resto del día para asegurar que el modo de producción es óptimo según las condiciones existentes.

Por lo tanto, los optimizadores comienzan a incrementar el voltaje de salida hasta alcanzar los requisitos de voltaje de entrada nominales del inversor. Nuestro inversor SE50K posee un voltaje de entrada nominal de 750V en DC. Así que, si tenemos 15 optimizadores en nuestro string, cada optimizador incrementará gradualmente el voltaje hasta los 50V en DC. Una vez alcanzados estos 50V, el inversor verifica los parámetros de la red y comienza la producción.

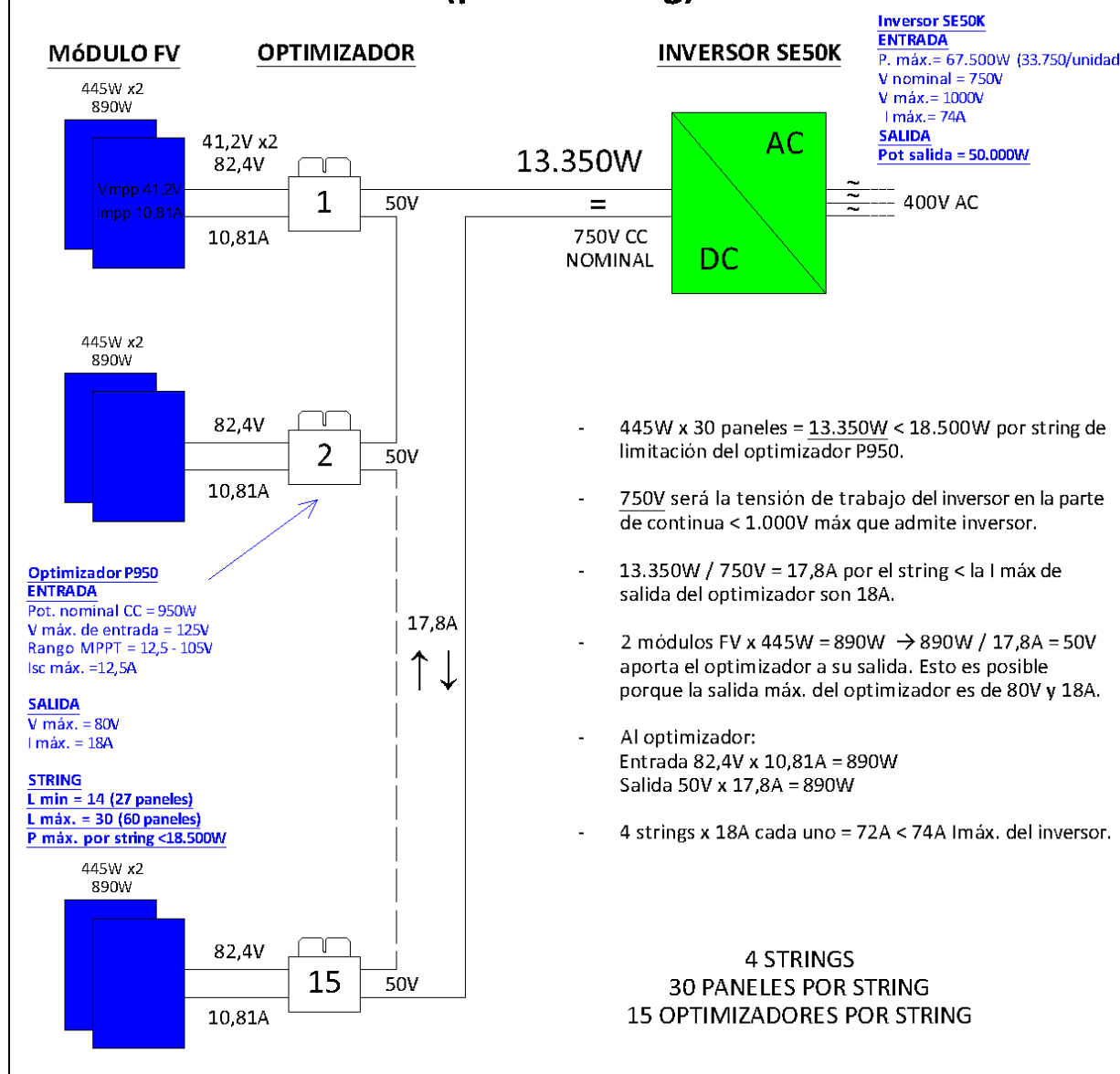
Durante este proceso, los optimizadores envían telemetría, cada 5 minutos, al inversor y éste, a su vez, a la plataforma de monitorización. Esta plataforma ofrece una monitorización detallada del rendimiento del sistema, incluyendo producción del campo fotovoltaico en tiempo real, detección de fallos y alertas del sistema. Se puede ver a nivel de módulo o del sistema completo.

#### 3.3.2.2. *Durante el proceso de producción.*

En el Cuadro 3.21 se puede observar nuestro sistema fotovoltaico trabajando en condiciones óptimas, en un día soleado. Cada uno de los 4 strings está formado por 30 módulos de 445W, por lo que la potencia total del string es de 13.350W (30x445W).



## TRABAJO EN CONDICIONES ÓPTIMAS (STC) (para 1 string)



Cuadro 3.21. Funcionamiento en condiciones óptimas.

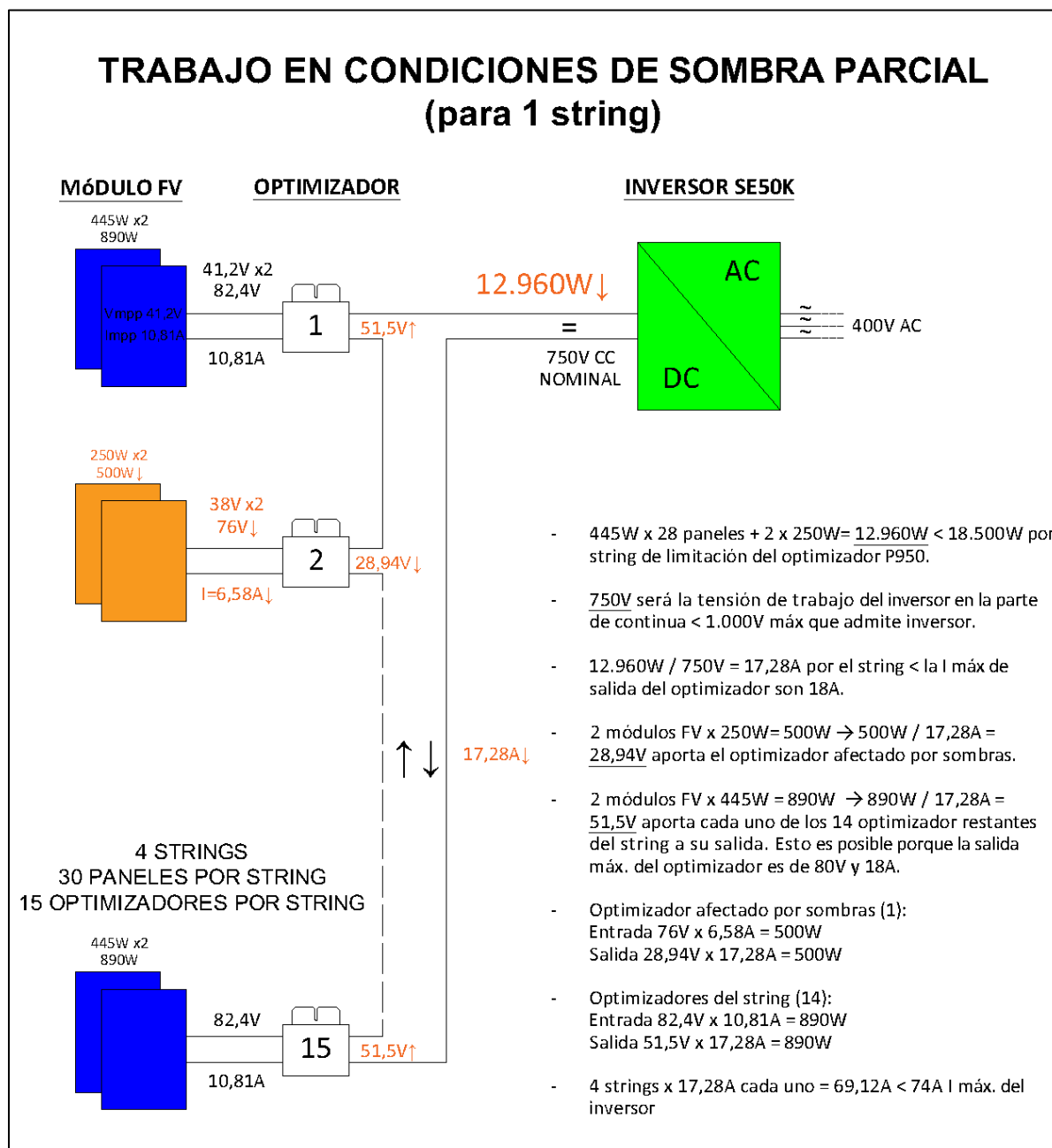
Una vez que el inversor fija el voltaje en esos 750V, y la potencia es de 13.350W, la corriente del string se calcula dividiendo  $13.350W / 750V = 17,8A$ , que circula por dicho ramal. Una vez establecida esta intensidad, se puede calcular el voltaje de salida de cada optimizador. En este caso,  $2 \times 445W / 17,8A$  resulta en un voltaje de 50V. El sistema permite que el inversor reciba siempre un voltaje fijo de 750V del string.

Cuando la potencia del módulo fotovoltaico disminuye debido a sombras parciales, el voltaje disminuye también, produciendo que el voltaje del string disminuya. Una vez



## Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

que el voltaje de salida del optimizador disminuye, el inversor ajusta levemente el voltaje del string incrementando el voltaje de salida de todos los optimizadores. Al hacerlo, el voltaje del string constantemente se mantiene fijo a 750V. Sin embargo, dado que la potencia total alcanza los 12.960W ( $1 \times 500W + 14 \times 890W = 12.960W$ ), la corriente del string pasa de 17,8A a 17,28A. En el Cuadro 3.22 se describe el proceso.

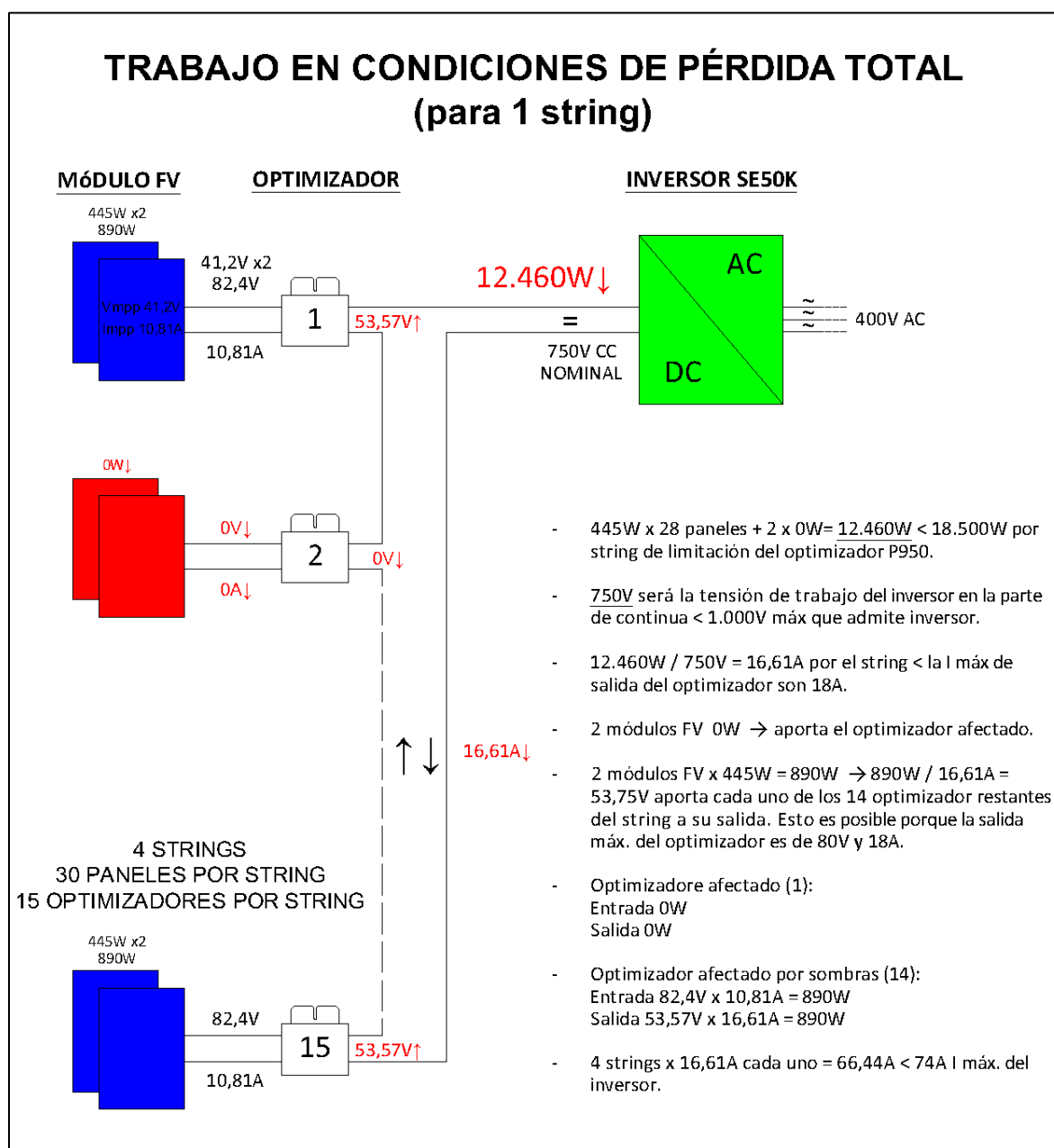


Cuadro 3.22 Funcionamiento con sombreado parcial.



Si, por ejemplo, un módulo solar falla totalmente, como es visible en el Cuadro 3.23, cuando el optimizador no recibe potencia del módulo solar, el voltaje baja a 0V, reduciendo el voltaje del string y la potencia que recibe el inversor ( $1 \times 0W + 14 \times 890W = 12.460W$ ). La corriente del string se regula hacia los 16,61A.

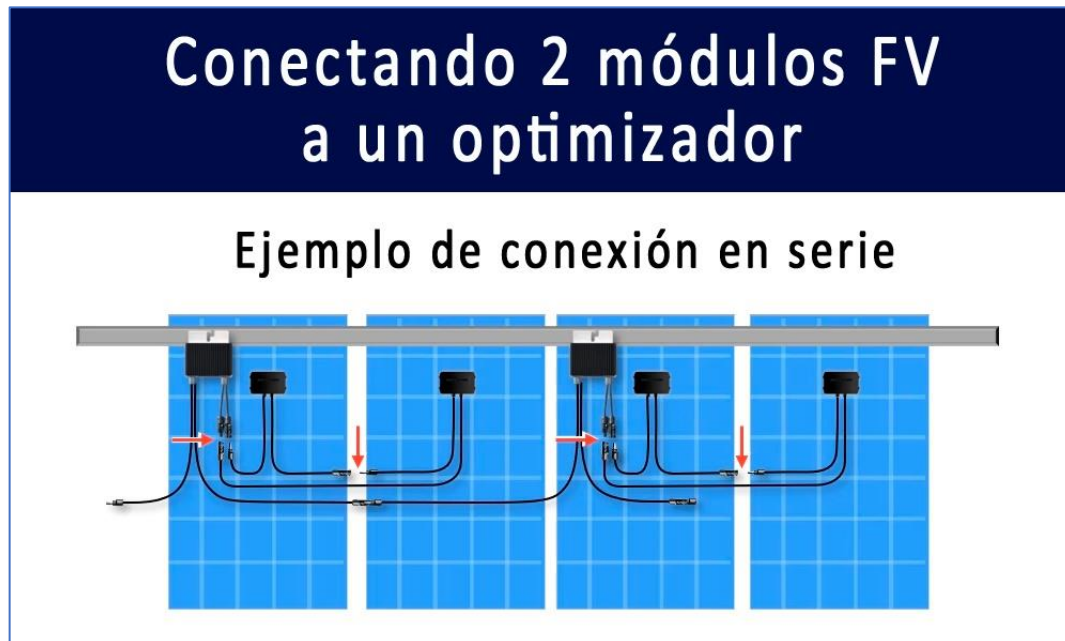
Cuando no hay suficiente voltaje para mantener la tensión de entrada nominal del inversor, el inversor ajusta el voltaje del string incrementando el voltaje de salida de todos los optimizadores (53,57V) hasta conseguir el voltaje nominal fijado, 750V en nuestro caso.



Cuadro 3.23 Funcionamiento con pérdida total.



Para finalizar, se observa que el sistema tiene un alto grado de adaptabilidad y continúa produciendo, incluso cuando los módulos solares se ven afectados por algún factor, en parte o totalmente.



Cuadro 3.24 Ejemplo de conexión de módulos en serie. Fte. SOLAREEDGE

### 3.4. PARÁMETROS DE SIMULACION - DESIGNER.

Para el cálculo de la producción de energía tendremos en cuenta el propio software del fabricante, denominado DESIGNER. Desarrollado por SOLAREEDGE, es una herramienta web de diseño de sistemas fotovoltaicos, gratuita.

Permite al usuario diseñar el sistema. Localiza la ubicación donde se ubicará el sistema mediante imágenes aéreas, permite crear un modelo 3D del edificio requerido, lleva a cabo análisis de sombreados y asegura un diseño óptimo del sistema.

Permite disponer los módulos solares en el tejado deseado, de acuerdo con las reglas de diseño de los productos SOLAREEDGE.

También permite simplificar el diseño eléctrico, recomendando el inversor y los optimizadores necesarios, las restricciones de tamaño y otros parámetros clave de diseño. Finalmente, elabora un resumen, exportable, del proyecto generado.

El proceso de elaboración de la simulación se detalla a continuación.



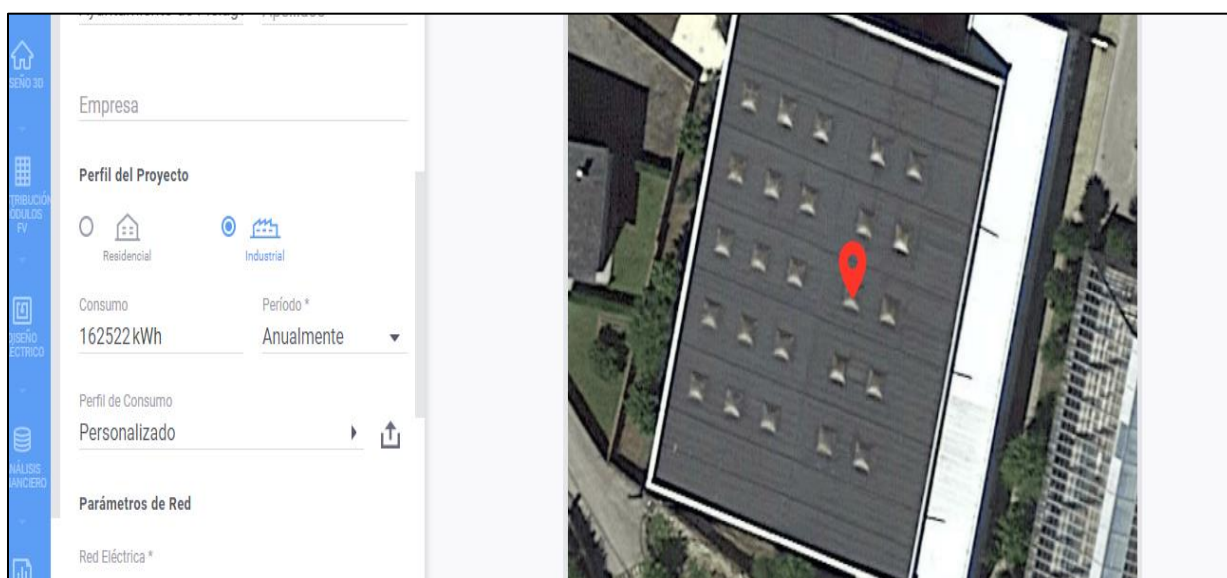
### 3.4.1. Acceso a la web



Cuadro 3.25 Vista web. Fte [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com)

### 3.4.2. Creación del proyecto.

Introducción de las primeras variables como ubicación (para obtener datos meteorológicos de la estación más cercana), datos del cliente, perfil del proyecto (residencial o industrial), perfiles de consumo y cantidad de energía consumida, parámetros de la red y si existen límites a la exportación (en el caso de contratos de compensación de excedentes).



Cuadro 3.26. Información del proyecto. Fte. DESIGNER.

En esta sección, tiene especial relevancia el apartado que permite personalizar el perfil de consumo. Se ha adaptado este parámetro según el perfil de consumo real de la instalación, según datos facilitados por la propiedad. Resultan de la siguiente forma:



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

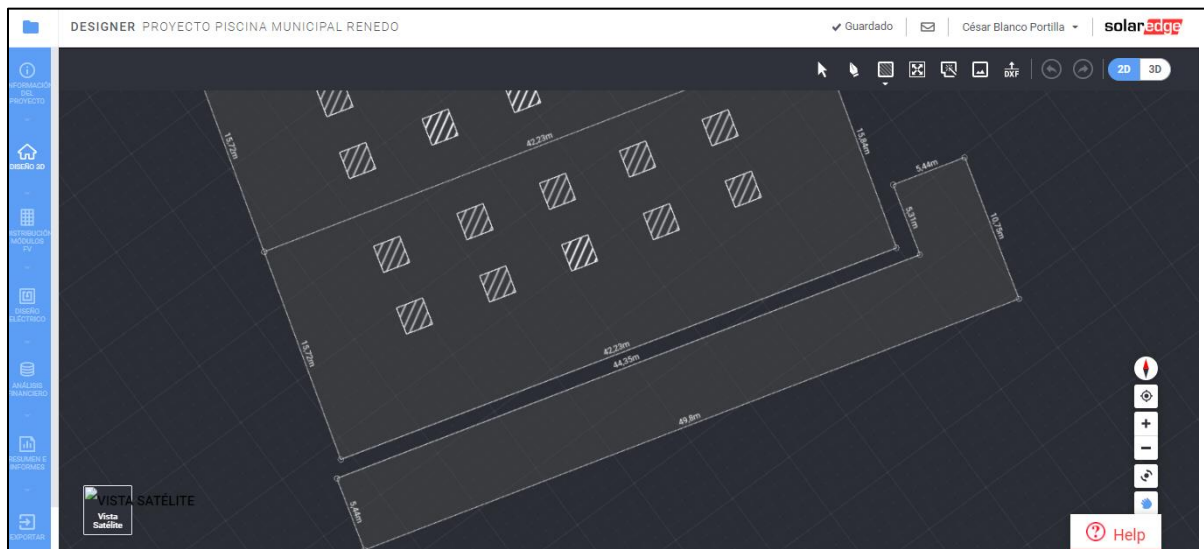


Cuadro 3.27 Cuadro para introducir consumo mensual. Fte.DESIGNER

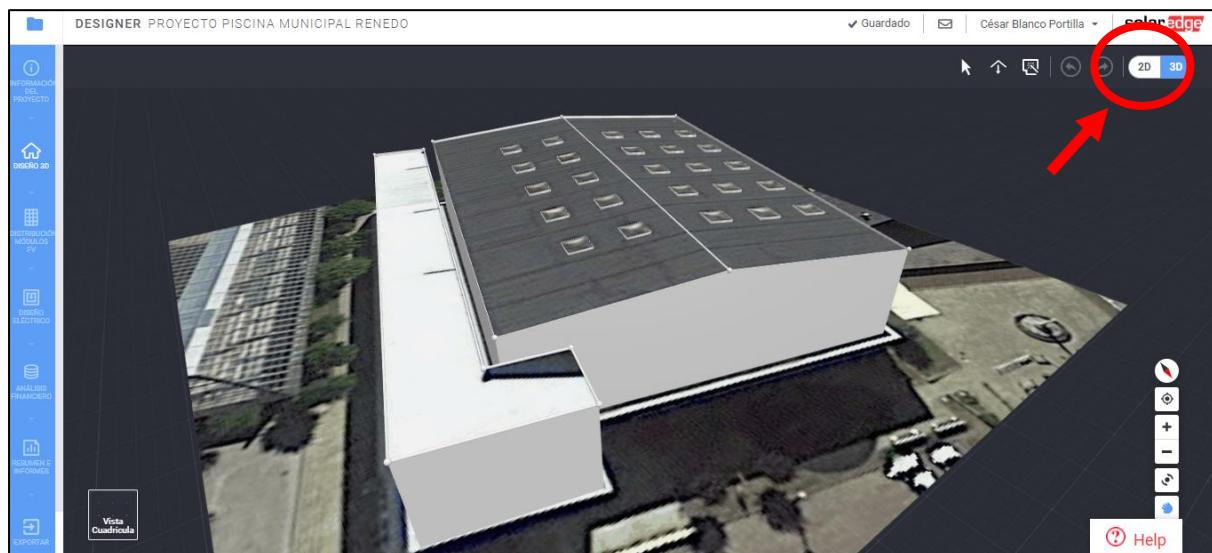
### 3.4.3. Diseño 3D.

Ahora es el momento de dibujar la edificación sobre la que se ubicarán el campo fotovoltaico. Son varias las herramientas que ofrece el DESIGNER para su dibujo: dibujar obstáculos, bordes internos, carga de archivos en formato DXF, diseño de cubrerías y demás tipos de cubiertas, etc.

Comenzamos con un diseño en 2D para, posteriormente, matizar el diseño en 3D.



Cuadro 3.28. Diseño en planta sistema. Fte.DESIGNER.



Cuadro 3.29. Diseño 3D. Fte.DESIGNER.

#### 3.4.4. Distribución de los módulos FV.

Lo primero que debemos seleccionar aquí es el modelo del panel fotovoltaico que vamos a utilizar. El programa posee un listado de fabricantes y modelos más o menos extenso. Aun así, en nuestro caso, ha sido preciso la creación de un modelo nuevo en la base de datos, dado que el módulo solar seleccionado es de última generación y no estaba listado. Gracias a la ficha técnica del panel fotovoltaico conocemos todas las variables técnicas que se nos requiere.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

EDITAR MÓDULO FV			
Fabricante *		Modelo *	
Jiangsu Green Power PV Co. Ltd (GP...		GPNE-S144/FNH 166 Half Cell Series	
<b>Parámetros Eléctricos (STC)</b>		<b>Datos Mecánicos</b>	
Potencia Pico (Pmax)*	445	W	Tipo de Célula*
Voc*	49	V	Conector*
Isc*	11,54	A	Núm. de Células*
Vmpp*	41,2	V	Núm. de busbars*
Imp*	10,81	A	Largo*
Tolerancia de P Mín/Máx*	-5 / 5	%	Ancho*
Coef. de Temp. de Pmax*	-0,37	%	Profundo*
Coef. de Temp. de Voc*	-0,3	%	Longitud Cable Negativo*
Coef. de Temp. de Isc*	0,05	%	Longitud Cable Positivo*
<input checked="" type="checkbox"/> Poner este módulo a disposición de los usuarios en: Mi cuenta y subcuentas			

Cuadro 3.30. Edición de características del módulo. Fte.DESIGNER.

A continuación, seleccionamos otro tipo de variables referentes a la estructura y la orientación de montaje. Nótese que, al elegir un tipo de estructura coplanar, las opciones de azimuth e inclinación dejan de ser elegibles, como es lógico. En referencia a la orientación de montaje, es posible elegir una orientación horizontal o vertical y la distancia entre filas y columnas.

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

DISEÑO 3D

DISTRIBUCIÓN MÓDULOS FV

DISEÑO ELÉCTRICO

ANÁLISIS FINANCIERO

RESUMEN E INFORMES

Arrastrar para mover el grupo de módulos, pulsar tecla Suprimir para eliminarlo; redimensionar para reducir el grupo.

**DISTRIBUCIÓN MÓDULOS FV**

Modelo \*  
GPNE-S144/FNH 166 Half Cell Se...

Características del módulo ▶

**Estructura**

Tipo Estructura

☒ Coplanar ☐ Inclinado ☐ Doble Inclinación

Azimut Techo  
106°

Inclinación  
5°

Desplazamiento  
0%

Orientación de montaje

☐ Horizontal ☒ Vertical

Distancia entre columnas  
2 cm

Distancia entre filas  
2 cm

GPNE-S144/FNH  
Azimut Techo: 10  
1 filas X 30 colum

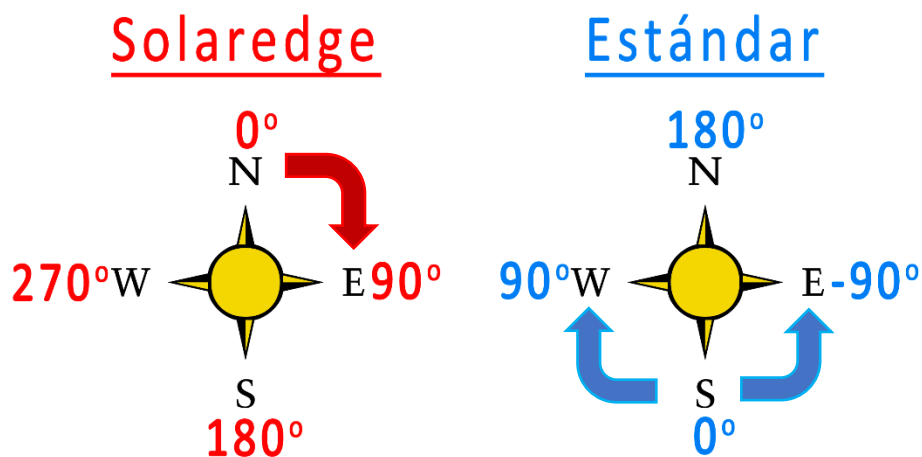
Vista Cuadrícula

MÓDULO

Cuadro 3.31. Edición tipo estructura, azimuth e inclinación. Fte.DESIGNER.



Cabe destacar, si se observa detenidamente el Cuadro 3.31, que el valor del Azimut de los paneles es de  $106^\circ$ . Este valor no es el habitual utilizado. Esto se debe a que el origen de coordenadas, para el fabricante israelí, marca  $0^\circ$  en el Norte y aumenta positivo hacia el Este. En España, lo normal es encontrar los  $0^\circ$  orientados al sur,  $90^\circ$  positivos hacia el Oeste y negativos hacia el Este. Si lo traducimos al formato “usual” empleado en España, el azimut de los paneles correspondería a unos  $-75^\circ$ .



Cuadro 3.32 Sistemas diferentes para designar el acimut.

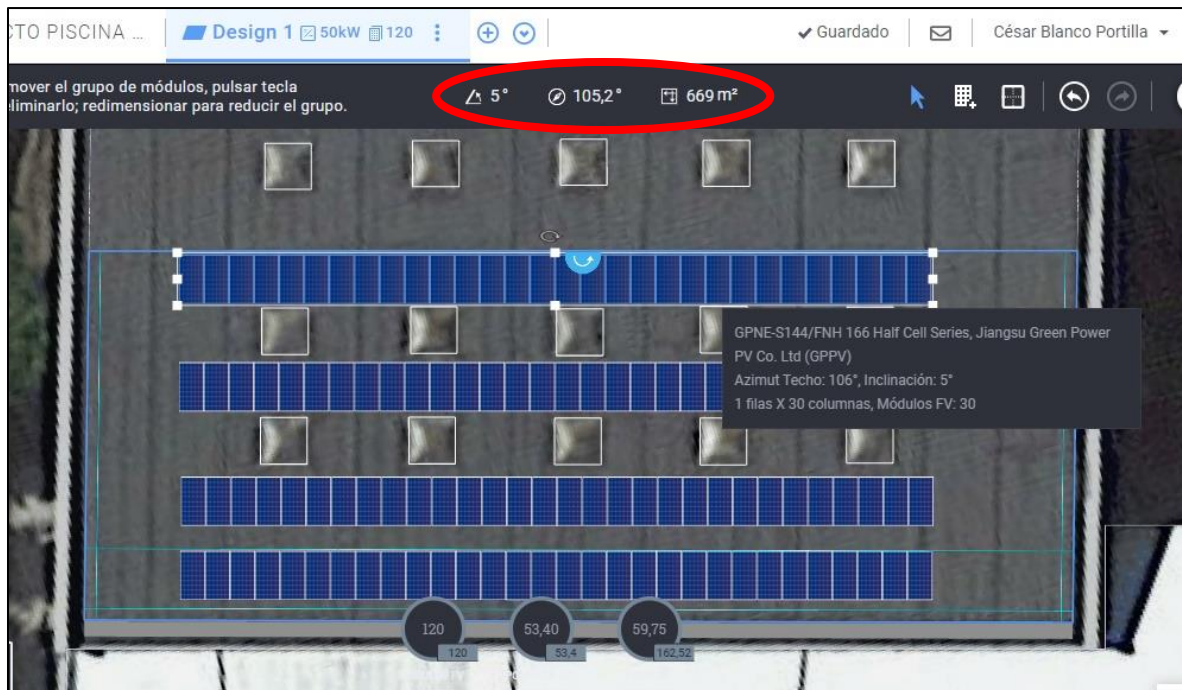
Una vez finalizado este apartado, procedemos a disponer los módulos por la cubierta ya diseñada.

Posicionamos un panel y arrastramos, en los cuatro ejes, según sea preciso. En nuestro caso, formaremos 4 strings de 30 módulos cada uno. Vemos en la zona central superior, datos como la inclinación de la cubierta/módulos, su azimut (versión SOLAREGE) y la superficie de la cubierta sobre la que estamos diseñando (669 metros cuadrados).





Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.



Cuadro 3.33 Vista en planta diseño. Fte.DESIGNER.

### 3.4.5. Diseño eléctrico.

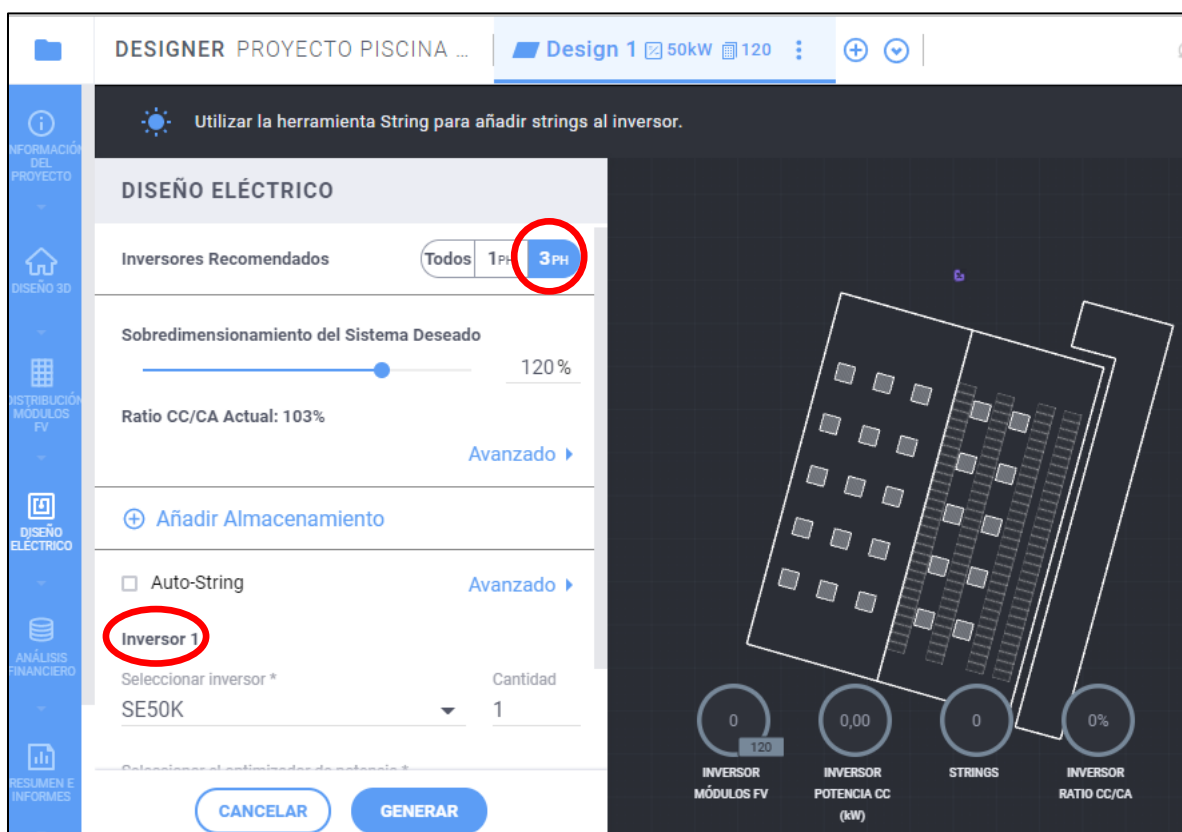
Antes de comenzar con el diseño del sistema fotovoltaico debemos contemplar ciertas reglas:

- Seleccionar un inversor que se adecúe a la red a la que se va a conectar, bien sea monofásica o trifásica. Generalmente, para el ámbito residencial se utilizan sistemas monofásicos. Las redes trifásicas son más habituales en el sector comercial e industrial, con necesidades de potencias superiores.
- Seleccionar un optimizador de potencia para el inversor.
  - Verificar que el optimizador elegido es compatible con el inversor seleccionado.
  - Verificar la ficha técnica del optimizador para conocer los parámetros de entrada: máximo voltaje a la mínima temperatura, máxima corriente y la potencia nominal.
  - Hay que tener en cuenta que, en algunos casos, se pueden conectar dos módulos solares a un mismo optimizador.
- Diseñar el string con el número correcto de optimizadores para maximizar la potencia.
  - El mínimo y máximo número de optimizadores por string puede consultarse en la ficha técnica del optimizador.

- Si es necesario mezclar optimizadores en un mismo string, verificar en su ficha técnica con qué otros modelos son compatibles.

A la hora de seleccionar qué optimizadores son apropiados para los paneles solares se debe comprobar la compatibilidad. Por ejemplo, el voltaje a circuito abierto del módulo ( $V_{oc}$ ) cambia a medida que la temperatura varía. Hay que verificar en la ficha técnica del módulo, el apartado de características térmicas, y verificar compatibilidades.

Comenzamos por la elección del inversor. Lo primero que nos muestra la aplicación es una recomendación del inversor a utilizar.



Cuadro 3.34. Diseño eléctrico. Fte.DESIGNER.

El programa calcula la potencia del sistema fotovoltaico ya establecido y preselecciona, con muy buena intención, el modelo de inversor (en nuestro caso SE50K) y optimizadores (modelo P950) que mejor se ajusta. Antes de pulsar “GENERAR”, debemos seleccionar el sobredimensionamiento deseado para el sistema.

Este aspecto es muy interesante. La tecnología SOLAREEDGE permite, en inversores monofásicos con tecnología HD-Wave (se trata de una gama un 25% más pequeños que los modelos estándar y con un nivel de eficiencia del 99%), sobredimensionamientos de hasta el 150%, o del 135% para inversores trifásicos.





Existe sobredimensionamiento cuando existe más capacidad de producción solar DC que la capacidad nominal AC del inversor.

Ventajas:

- Mayor potencia generada en condiciones de baja radiación solar.
- Reduce la inversión inicial al permitir elegir un inversor más pequeño que trabaje con producción alta frente a uno de mayor capacidad, de mayor coste.

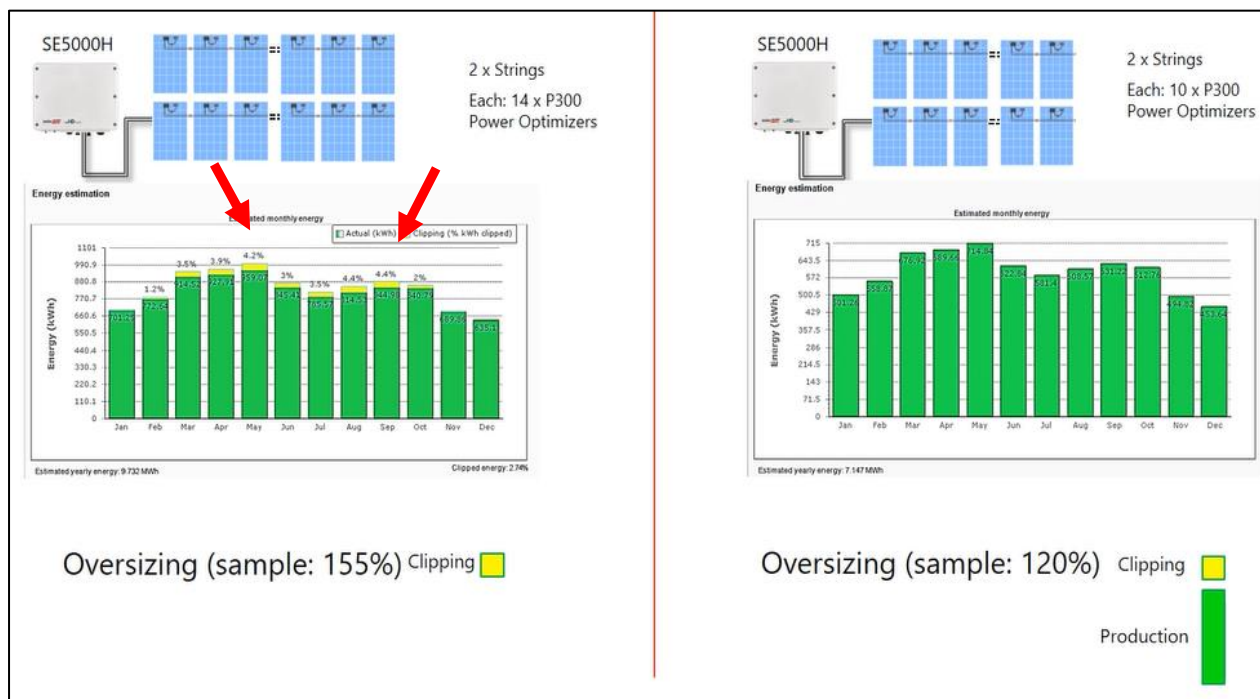
Desventajas:

- Puede afectar a la duración de la vida útil del inversor, al operar con una alta potencia durante periodos más largos.
- Recorte o pérdida de producción de energía en periodos pico de producción.

Como el sobredimensionamiento depende de diversos factores como la radiación, subvenciones locales y otros aspectos, no existe una recomendación general.

Se puede utilizar la aplicación DESIGNER, de SOLAREEDGE, para calcular la potencia recortada (que no se ha podido gestionar por el inversor) frente a la producción.

Si se decide sobredimensionar el sistema, surge la cuestión de cuánto. La clave para diseñar un sobredimensionamiento son las pérdidas por recorte del inversor. Esto ocurre cuando la alimentación de DC es mayor de lo que el inversor puede convertir a AC. En esta situación, la potencia extra se corta y se pierde.



Cuadro 3.35. Comparativa de dos sistemas con y sin efecto “recorte”. Fte. [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com).

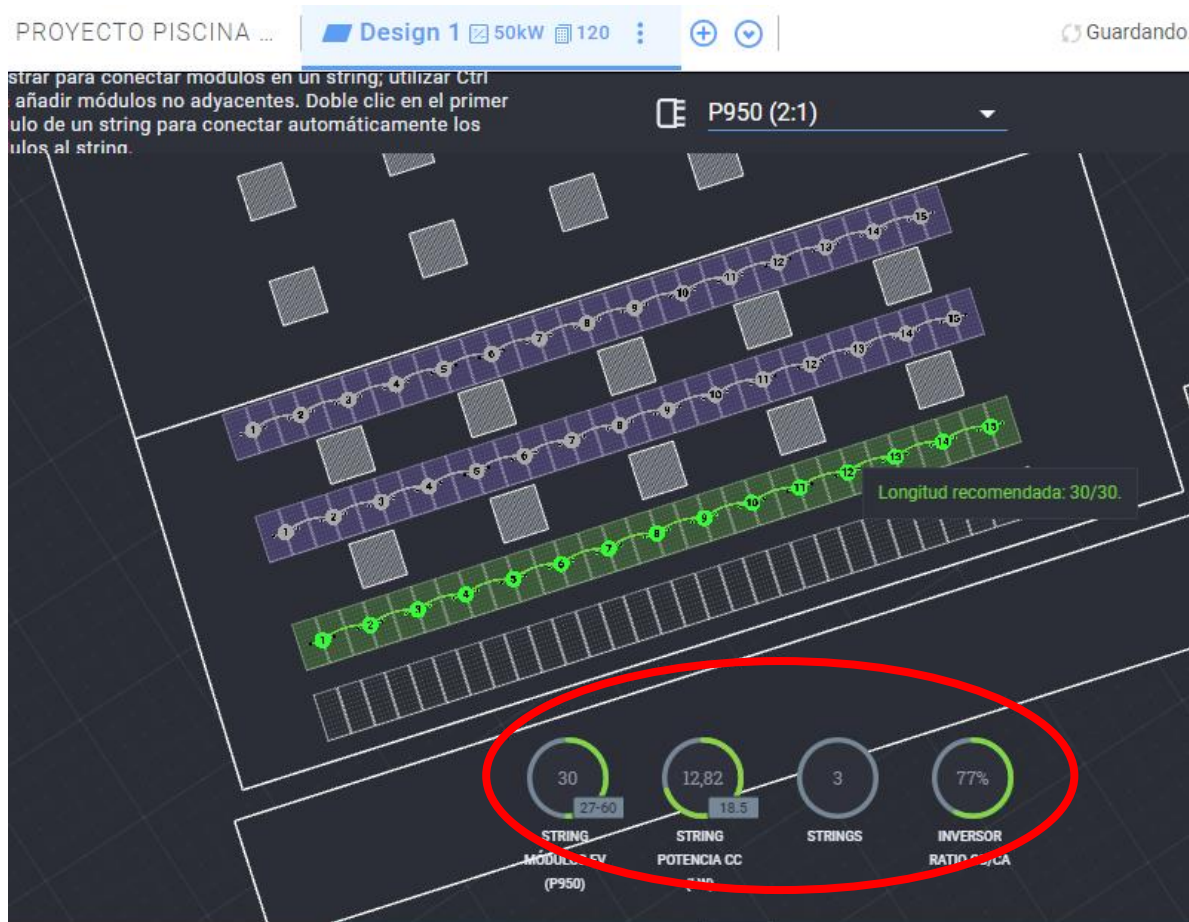
En el Cuadro 3.35, se observa un ejemplo de cómo el sistema diseñado, en la parte izquierda, trabaja tan al límite que hay momentos (los de mayor producción) que el inversor es incapaz de gestionar toda la alimentación de la parte de continua.

Con un sobredimensionamiento del 155% (por la tanto se trata de un inversor monofásico) se produce un fenómeno de “clipping” (en color amarillo), generando un desaprovechamiento de energía.

Seguimos con el proceso, diseñando la ubicación de los optimizadores dentro del string, como se aprecia en el Cuadro 3.36, hasta completar las 4 strings. De esta forma es el usuario quien elige como resultarán las conexiones en base a sus necesidades. De forma análoga, este proceso se puede automatizar activando la opción de “auto string” dentro de los parámetros del software.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en  
las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.



Cuadro 3.36. Proceso de conexión de optimizadores. Fte.DESIGNER.

Se pueden apreciar 4 círculos, en la parte inferior de la pantalla y en color verde, cómo a medida que se van desplegando los optimizadores en el campo de paneles fotovoltaicos, se nos señala la siguiente información:

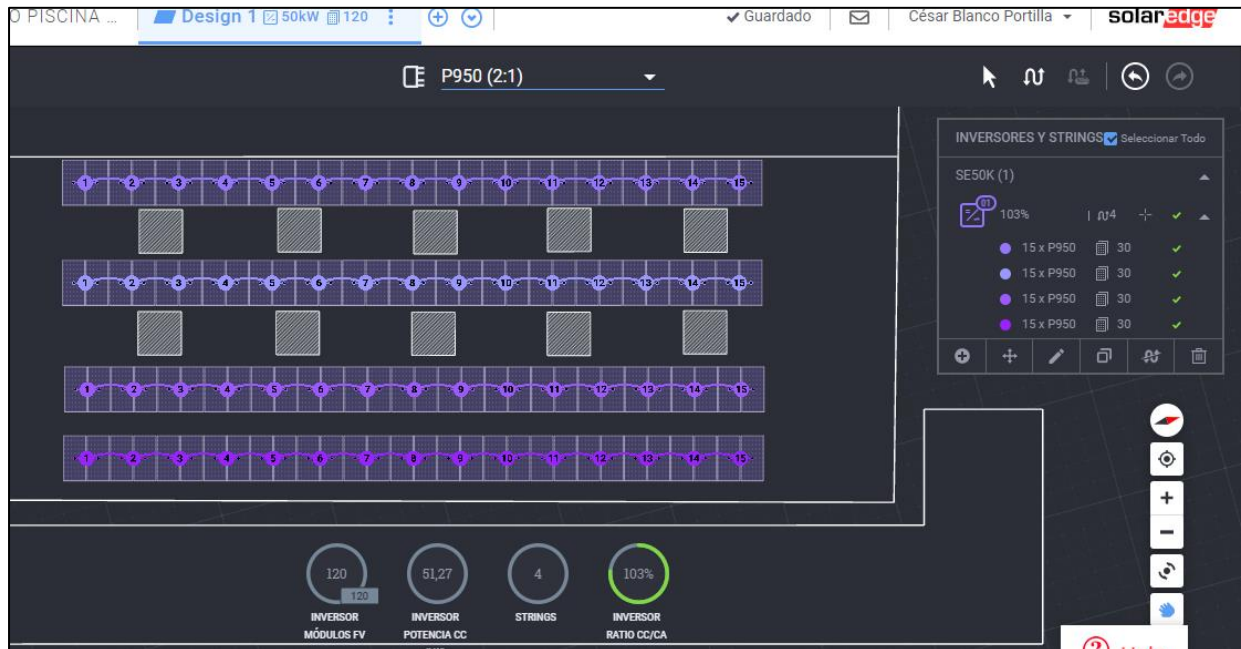
- Número de módulos del string (30) y el máximo y mínimo que admite (27-60).
- Potencia DC del string (12,82kW) y la máxima admitida por string para ese modelo de optimizador (18,5 kW).
- Número de strings ya elaborados (3 en el Cuadro 3.36)
- Ratio DC/AC del inversor (hasta ese momento alcanza el 77%, es decir, aún nos encontramos por debajo de la capacidad nominal del inversor).

El diseño eléctrico terminado queda según el cuadro 3.37. Los datos globales señalan que se han instalado 120 paneles, los cuales generan 51,27 kW de potencia DC, distribuidos en 4 strings y alcanzando una ratio DC/AC en el inversor del 103%.

Finalmente, se ha decidido no sobredimensionar más de ese 103% y tener un perfil más conservador. Si bien, aumentando el sobredimensionamiento, se podría obtener



mayor potencia en condiciones de baja radiación solar, operar con una alta potencia durante periodos más largos puede acortar la vida útil del inversor.



Cuadro 3.37. Diseño completo conexiones optimizadores. Fte.DESIGNER.

### 3.4.6. Análisis financiero.

El apartado de análisis financiero permite pronosticar un futuro escenario económico y de rentabilidad del sistema. Al finalizar, presenta una serie de informes y gráficos que permiten valorar la inversión y el ahorro mensual o anual estimado. [16]

Este apartado está organizado como un conjunto de secciones, y cada sección trata un aspecto energético o financiero diferente del sistema.

Cuanta más información se proporcione en cada sección, más completas y precisas serán las previsiones financieras que se presentan en el resumen del proyecto.

A continuación, se describe el proceso y las variables seleccionadas para nuestro proyecto, en particular.

#### 3.4.6.1. PARÁMETROS FINANCIEROS

La información que aparece en la sección de Parámetros Financieros refleja el estado del mercado financiero local y algunas expectativas asociadas con el sistema fotovoltaico SOLAREEDGE, como costes operativos, de mantenimiento y reemplazo de equipos.



## Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

PARÁMETROS FINANCIEROS			
€ EUR	Tasa de Descuento del Flujo de Caja 2,25%	Aumento de precio de electricidad 3 % anual	Degradación de producción de sistema 0,77 % anual
Vida Útil del Sistema 25 años	Tiempo de vida útil equipos 25 años	Costes Anuales de O&M 6 €/kW(CC)	Coste de Reemplazo Equipos 0 €/kW(CA)
Tasa de Impuestos 21 %	<input type="checkbox"/> Los ahorros en la factura se gravan como ingresos		

Cuadro 3.38. Parámetros financieros. Fte.DESIGNER.

Las opciones que tenemos disponibles, de izquierda a derecha, y de arriba abajo, son:

1. **Selección de la moneda** en la que se requiere realizar los cálculos financieros. Seleccionamos Euros (€).
2. **Tasa de Descuento del Flujo de Caja:** En nuestro caso, aplicamos un 2,25%. Se trata del tipo de interés que se usa para calcular el valor actual del flujo de caja futuro. Debemos fijar la tasa de interés que, habitualmente, podríamos encontrar en bancos u otras instituciones financieras. Esta tasa de interés es uno de los varios parámetros que se utilizan para determinar si los ahorros asociados al uso de la instalación fotovoltaica son mayores de lo que el cliente habría recibido si hubiera depositado el dinero en el banco en vez de en esta inversión.

Para la obtención de este tipo se ha pedido referencia al responsable del área de empresas de Caja Rural de Burgos en Cantabria, Sr. D. Joaquin Blanco Portilla.

3. **Aumento del precio de la electricidad:** Debemos introducir un porcentaje que represente cuánto se espera que aumente el costo de la electricidad cada año. En nuestro caso particular, hemos seleccionado un 3%.

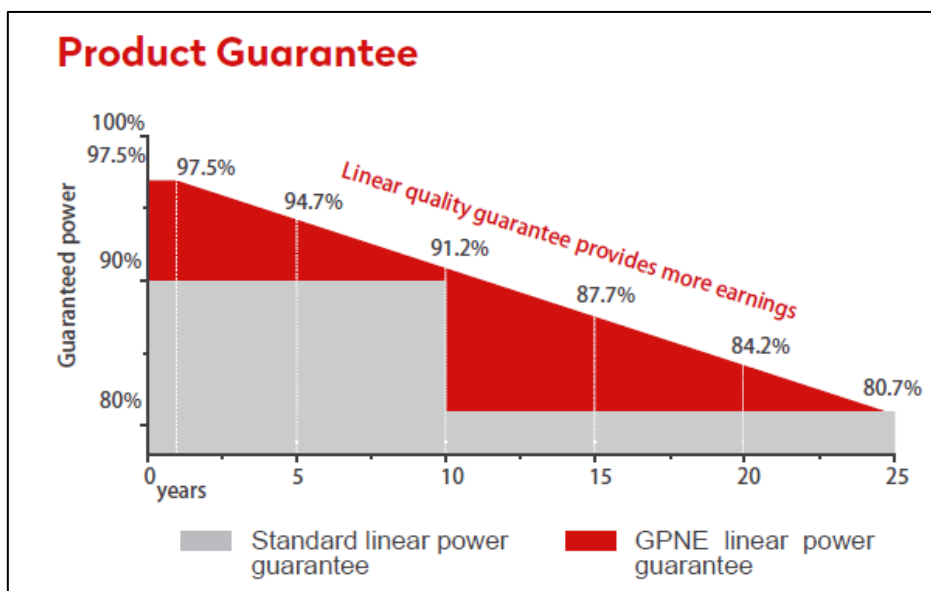
Se antoja muy difícil predecir este porcentaje de incremento en el precio anual. Según se recoge en el periódico EL PAÍS, en su artículo del 30 de Agosto de 2.021, en declaraciones de la Vicepresidenta tercera y ministra de Transición Ecológica, Teresa Ribera [8]:

*“El Gobierno admite que el recibo de la luz subirá este año un 25% pero rechaza fijar precios máximos”.*

4. **Degradación de producción del sistema:** Requiere ingresar un porcentaje que represente cuánto se espera que se reduzca la productividad del sistema, anualmente, a consecuencia de la degradación de la eficiencia del módulo fotovoltaico.



Se ha utilizado un valor de 0,77%. Éste proviene de su ficha técnica, en donde el fabricante garantiza un 80,7% de potencia al cabo de 25 años. Prorrateando esa pérdida del 19,3% en los 25 años obtenemos dicho parámetro.



Cuadro 3.39. Ficha técnica panel fotovoltaico. Fte. [www.teican.com](http://www.teican.com).

5. **Vida útil del sistema:** Se refiere a la cantidad de años durante los cuales se espera que funcione el sistema. Se ha seleccionado 25 años, dado que las garantías de los fabricantes de los optimizadores (25 años), paneles FV (25 años) e inversor (20 años) alcanzan esos rangos.
6. **Tiempo de vida útil de los equipos:** Se refiere a la cantidad de años durante los cuales se espera que funcione el equipo antes de tener que sustituirlo. De Forma análoga al apartado anterior utilizaremos 25 años.
7. **Costes anuales de operación y mantenimiento:** es la cantidad que se espera gastar, anualmente, por operación y mantenimiento, por kW (DC) instalado en el sistema. El coste de operación no se contempla al adjudicarse a personal funcionario del Ayuntamiento. El sistema está diseñado para que los mantenimientos sean mínimos. Se estima que será suficiente una visita anual, de carácter preventivo, en la que se revisarán posibles degradaciones como suciedad en paneles, revisión de puntos calientes mediante cámara termográfica, revisión de la estructura de soporte del panel, cajas de conexiones, cableados, etc. Se fija un precio de 6€/kW (DC) por entender que se ajusta a las condiciones de mercado actual.



8. **Coste de reemplazo de equipos:** aquí se precisa establecer el coste, por kW, de reemplazar el equipo del sistema una vez que haya expirado el período de vida útil del equipo. Durante los 25 años establecidos de duración no se contempla reemplazar ningún equipo. En caso de precisarse, se hará frente a las garantías del fabricante.
9. **Tasa de impuestos:** es el tipo de impuesto nacional aplicada a la exportación de producción del sistema. Actualmente, el Gobierno de España ha reducido el tipo al 10% de IVA en la facturación eléctrica, temporalmente hasta Diciembre de 2.021. Para la simulación, se ha mantenido el tipo del 21%.

Este parámetro debería compensarse con la desmesurada subida del precio de la electricidad en el mercado actualmente, superando los 140€/MWh, y que no se ha tenido en cuenta, dado que se ha establecido un aumento del precio de la energía en un 3% anual [15]. La incertidumbre actual puede ocasionar notables cambios en las predicciones.

10. **Los ahorros en las facturas se gravan como ingresos:** Se requiere seleccionar esta casilla si los ahorros en facturas deben incluirse en los cálculos financieros como ingresos imposables. En nuestro caso, el ahorro en la factura no tiene carácter imponible, por lo que no se selecciona.

#### 3.4.6.2. Consumo de energía.

La información que debemos rellenar, en esta sección, se refiere a la cantidad de energía que se espera utilizar durante un período determinado, en kWh, ya sea anual o mensual.

Inicialmente, el valor que se muestra para “Consumo” es el mismo que se introdujo en el apartado “Información del proyecto”, al comienzo de la elaboración de los datos del proyecto.

Asimismo, se admite el uso de datos de intervalos de consumo personalizados, que proporcionan mayor precisión a la hora de estimar el consumo futuro, en vez de utilizar uno de los perfiles de consumo preestablecidos.

El gráfico de consumo de energía representa el consumo de energía mensual esperado durante un año, teniendo en cuenta el consumo estimado y perfil de consumo seleccionado o los datos cargados desde un archivo de datos de consumo de intervalo.



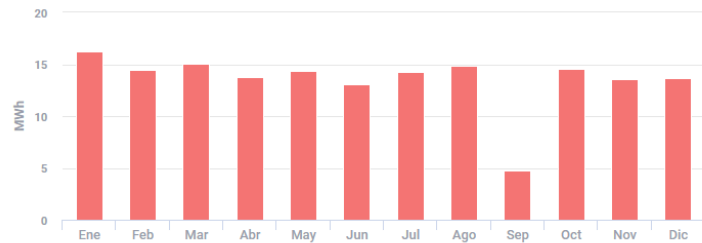


#### CONSUMO DE ENERGÍA

Consumo  
162522 kWh

Período \*  
Anualmente

Perfil de Consumo  
Personalizado



#### CONSUMO DIARIO

[Restablecer a predeterminado](#)

00:00 - 06:00 18 %	06:00 - 10:00 21 %	10:00 - 14:00 20 %
14:00 - 18:00 21 %	18:00 - 00:00 20 %	



#### CONSUMO MENSUAL

[Restablecer a predeterminado](#)

Ene 16240 kWh	Feb 14499 kWh	Mar 15080 kWh	Abr 13790 kWh	May 14342 kWh	Jun 13038 kWh
Jul 14214 kWh	Ago 14814 kWh	Sep 4729 kWh	Oct 14545 kWh	Nov 13583 kWh	Dic 13648 kWh

CANCELAR

ELEGIR

Cuadro 3.40. Edición de consumo de energía. Fte.DESIGNER.

#### 3.4.6.3. Precio del sistema.

Debemos seleccionar el tipo de precio para el sistema diseñado. Existen 3 opciones:

1. **Precio fijo:** un valor definitivo y fijo, calculado previamente por el diseñador.
2. **Precio por vatio (DC):** un precio por vatio DC instalado.
3. **Precio según la lista de materiales:** un valor para cada artículo de la lista de materiales.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

**PRECIOS DEL SISTEMA**

Tipo de Precios	Precio	Total
Precio por vatio (CC)	1,21 €/Wp	64614 €
<div>Precio Fijo</div> <div>Precio por vatio (CC)</div> <div>Precio según BOM</div>		

LISTA DE MATERIALES (BOM)




Cuadro 3.41. Edición precio del sistema. Fte.DESIGNER.

Según precios de mercado actuales, consultados a empresas del sector, se puede aplicar un precio del sistema de 1,21 €/Wp (IVA incluido).

#### 3.4.6.4. Lista de materiales (BOM).

En esta sección, se muestra una lista detallada de los componentes y materiales incluidos en el sistema fotovoltaico. Se presenta a modo de tabla, incluyendo una columna de artículos y una columna de cantidad.

A esta lista se agregan, automáticamente, los componentes del sistema fotovoltaico, tales como los paneles, los optimizadores y el inversor. Esos componentes no pueden ser eliminados de la lista de materiales por el usuario. Además, permite la inclusión de nuevas filas para otro tipo de equipos que se precise añadir a la lista de materiales.

LISTA DE MATERIALES (BOM)		
Equipos	Cantidad	Notas
 SE50K	1	
 P950	60	
 GPNE-S144/FNH 166 Half Cell Series	120	
Estructuras soporte módulo solar	1	
Material eléctrico	1	
Seguridad y salud	1	
Gestión de residuos	1	

Cuadro 3.42. Lista de materiales BOM. Fte.DESIGNER.



#### 3.4.6.5. Consumo de energía y tarifa de exportación.

Esta sección cobra un interés especial y merece una mayor atención. El coste de la compra de energía a la red y la cantidad, y precio, que el propietario de la instalación fotovoltaica recibe por vender la energía excedentaria son aspectos que van a modificar, seguramente más que muchos otros, los resultados económicos a lo largo de la vida útil de la instalación

Cuadro 3.43. Edición tipo tarifa eléctricas. Fte.DESIGNER.

Es necesario establecer como serán las operaciones de compra de energía y venta de energía excedentaria a la comercializadora eléctrica, cada una con sus precios particulares.

En esta sección se puede seleccionar la comercializadora de energía, con la cual hallamos firmado el contrato, y una tarifa. El siguiente paso sería editar esa tarifa y ajustarla a nuestro caso particular.

Una vez en la opción de editar, vamos a encontrar 2 nuevas secciones: Propiedades de la tarifa y Tarifa de importación (precio de «compra»):

##### 3.4.6.5.1. Propiedades de la tarifa:

Referente a diversas características de nuestro contrato con la comercializadora: Propiedades, el cargo de la tarifa de importación/exportación, cargos fijos, unidad de coste de la energía, etc. Estas variables definen la forma en que se calcula la simulación económica, el costo de la energía por hora, semanal y mensualmente durante un año.

En nuestro caso, la tarifa actual es una 3.0A [17], con la empresa Repsol Comercializadora de Electricidad y Gas S.L.U. La unidad de energía es €/kWh/mes según contrato en vigor. Para el apartado de cargo fijo hemos establecido lo siguiente:

- Término de potencia: 309,09€
- Impuesto eléctrico: 80€ (media mensual).
- Equipos de medida: 8,15€



## Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Hace un total de  $397,24\text{€} + \text{IVA (21\%)} = 480,66\text{€}$ . Para la tarifa de exportación nos hemos acogido a la oferta de la comercializadora (0,05€/kWh exportado).

PROPIEDADES DE LA TARIFA		Unidad Coste Energía	€/kWh/mes
Sector *	<input type="radio"/> Residencial <input checked="" type="radio"/> Industrial	Cargo Fijo	480,66 €
Proveedor de Energía *	REPSOL	Cargo Mínimo	0 €
Nombre de la tarifa *	3.0A	Fecha de Inicio Efectiva	
Tarifa de Exportación *	Tarifa Fija <span>?</span> €/kWh 0,05	Fecha de Fin Efectiva	
Referencia URL	Introducir el enlace del documento	Última Actualización	03/09/2021
Descripción	Introducir descripción		

Cuadro 3.44. Edición propiedades de la tarifa. Fte.DESIGNER.

#### 3.4.6.5.2. Tarifa de importación (precio de «compra»):

La tabla de estructura de cargos indica cómo se divide la tarifa eléctrica. Las tarifas que se aplican a cada período y cualquier factor de corrección.

Algunos ejemplos de tarifas que se pueden adoptar son:

- Plana, con un precio constante.
- Por niveles, donde cada nivel refleja el nivel de consumo de energía y cada nivel tiene su propia tarifa.
- Estacional, donde el precio varía según la estación del año.
- Discriminación horaria, donde el precio varía para diferentes horas del día, así como también la variación de precio entre días de la semana y fines de semana.

La estructura de cargos se aprecia en el Cuadro 3.45, y puede contener hasta nueve 9 períodos, donde cada período puede contener hasta nueve 9 niveles.



# ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA

## GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

César Blanco Portilla



TARIFA DE IMPORTACIÓN (PRECIO DE «COMPRA»)

☐ Tarifa fija \*

☒ Estructura de cargos (DH, franjas)

Elegir el Período y rellenar los siguientes campos

PERÍODO	USO MÁXIMO por mes	PRECIO kWh	CORRECCIÓN
1	oo	0,14513 €	..
	Nota		
2	oo	0,12079 €	..
	Nota		
3	oo	0,08142 €	..
	Nota		

[Añadir Período](#)

Días laborables

Fines de semana

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

Cuadro 3.45. Edición tarifa por horarios. Fte.DESIGNER.

Se han establecido las diferentes configuraciones de la discriminación horaria, según los criterios del contrato en vigor, y se añaden los precios (IVA incluido) en las diferentes zanjás horarias: Invierno (Noviembre – Marzo) Verano (Abril – Octubre)

- Punta (P1):  $0,119946 \text{ €/kWh} + \text{IVA} = 0,14513 \text{ €/kWh}$ .
- Llano (P2):  $0,099829 \text{ €/kWh} + \text{IVA} = 0,12079 \text{ €/kWh}$ .
- Valle (P3):  $0,067288 \text{ €/kWh} + \text{IVA} = 0,08142 \text{ €/kWh}$ .

### 3.4.6.6. Incentivos.

En esta sección, se puede añadir algún tipo de subvención a la que el cliente puede acogerse.

En nuestro caso, vamos a preparar dos opciones. Una, plantea un escenario menos favorable, sin acogimiento a ninguna subvención. La segunda opción, presupone una ayuda del Gobierno Regional del 40%, basada en el coste del sistema a instalar. Esta opción, aunque no está disponible actualmente, se entiende que es factible dado el gran impulso que están dando todos los gobiernos autonómicos en estos momentos. Bien sea por convocatoria de subvención o por acuerdo entre administraciones, situación frecuente, entre Gobierno Regional y Ayuntamiento.

A modo de ejemplo, según noticia recogida en Europa Press Asturias, el pasado 3 de Julio, para el sector público, la ayuda podría alcanzar el 70% del coste [9]:

*“La Consejería de Industria, Empleo y Promoción Económica pondrá en marcha en los próximos tres meses varias líneas de ayudas para fomentar la implantación de instalaciones de autoconsumo energético y de almacenamiento...”*

*“... programa 4. Autoconsumo y almacenamiento en el sector residencial, el sector público y el tercer sector. Con una dotación de 5.462.836 euros...”*



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

*“En el caso de la energía solar fotovoltaica, las ayudas... en el sector público y en el tercer sector las subvenciones pueden alcanzar el 70% de los costes de referencia.”*

Cuadro 3.46. Edición de incentivos. Fte.DESIGNER.

Nótese que la aplicación de esta “posible ayuda” del Gobierno Regional se traduce en un periodo de retorno de la inversión de 5,7 años (TIR 18,44%), frente a los 9,2 años (TIR 10,95%) que supondría no obtener ningún tipo de subvención.

### 3.5. RESULTADOS SIMULACIÓN - DESIGNER.

#### 3.5.1. RESUMEN DEL SISTEMA

Número de módulos, inversores y optimizadores del sistema diseñado.

#### 3.5.2. RESÚMEN FINANCIERO

Ofrece una visión de los cálculos del análisis financiero, presentando:

- Pagos netos: 70.506€.

Es la suma del precio total del sistema, el mantenimiento y los costes de sustitución del equipo a lo largo del ciclo de vida del sistema, menos el valor de todos los incentivos financieros.





- Ahorros en facturación acumulado (NPV): 168.465€.

Ese es el valor de los ahorros obtenidos, en términos de hoy, a lo largo del periodo de vida del sistema. NPV (Net Present Value) equivalente a sus siglas en español VAN, calcula el dinero que la inversión generará en el futuro, pero con valor presente. Hay que tener presente que el dinero cambia de valor según avanzan los años.

- Rentabilidad del sistema: 97.959€.

Beneficios obtenidos estimados a lo largo del periodo simulado, con valor presente (NPV).

- Tasa interna de retorno (TIR): 10,95%.

Este porcentaje se utiliza para evaluar inversiones, permite saber si es viable invertir en un determinado negocio, considerando otras opciones de inversión de menor riesgo. [10]

- Periodo de retorno: 9,2 años.

El período de retorno indica la cantidad de tiempo necesario para que el flujo de caja se recupere y devuelva el costo de la inversión.

### 3.5.3. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

- Potencia DC instalada: 53,4kWp. Sumatorio de las potencias pico de los 120 paneles de 445 W/unidad.
- Máxima Pac Activa: 50 kW. Potencia del Inverso SE50K.
- Energía producida anual: 57,94 MWh. Producción anual estimada del sistema diseñado.
- Emisiones CO<sub>2</sub> ahorradas: 15,35 toneladas. El número mostrado es la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> que habrían sido generados por un sistema de combustible fósil equivalente. Este número depende de la ubicación de los sistemas; los niveles de emisiones en cada país se enumeran en el apéndice.

$$CO_2(kg) = kWh \text{ producidos} \times CO_2 \text{ Factor } (g/kWh)$$

En nuestro caso:

$$57.940 \text{ kWh} \times 265 \text{ (g/kWh)} = 15.354,1 \text{ kg} \approx 15,35 \text{ t.}$$



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Tabla 3.6 Factores de CO<sub>2</sub> y árboles plantados por País. Fte. EPA (United States Environmental Protection Agency).

País	CO <sub>2</sub> Factor (g/kWh)	Factor árboles plantados (árb. /kWh)
Francia	70	0,00023
Japón	450	0,00150
Polonia	1000	0,01170
Singapur	540	0,01170
España	265	0,01217
USA	689	0,01170
Turquía	619	0,0117
Otros	392	0,0117

Estos factores son actualizados por la EPA cada cierto tiempo.

- Árboles equivalentes plantados: Los árboles absorben CO<sub>2</sub>, por lo que se reduce así el CO<sub>2</sub> ambiental y los niveles de contaminación. El número que se muestra es el equivalente de nuevos árboles plantados para reducir los niveles de CO<sub>2</sub>. El número depende de la ubicación del sistema.

$$\text{árboles plantados} = kWh \text{ produc.} \times \text{Factor árb. plantados (árb./kWh)}$$

En nuestro caso:

$$57940 \text{ kWh} \times 0,01217 \text{ (árb./kWh)} \approx 705 \text{ árboles plantados}$$

- Máx. P<sub>dc</sub> calculada: 51,27 kW. Es la potencia teórica máxima que pueden generar los módulos dependiendo de su azimut e inclinación, sin tener en cuenta las posibles limitaciones de los optimizadores o el inversor.
- Ratio DC/AC: 103%. Representa la relación entre la potencia DC (STC) del sistema y la potencia AC del inversor:

$$\text{Ratio} \frac{DC}{AC(\%)} = \frac{P_{dc}(STC)}{P_{AC,max}} \times 100\% = \frac{51,27}{50} \times 100 = 102,54\% \approx 103\%$$



La Potencia de salida máxima de CA del inversor  $P_{CA,max}$  es la potencia nominal del inversor.

- Performance Ratio (PR): 85%. El (PR) de una instalación fotovoltaica se define por la diferencia entre la producción de energía real de un sitio y la energía esperada en condiciones STC. El valor oscila entre 0 y 1 y se utiliza para evaluar el rendimiento del sistema fotovoltaico. Un PR alto indica un sitio que funciona correctamente.

Atendiendo al “Diagrama de pérdidas del sistema”, se observa que se establece una estimación de pérdidas del 14,62%. Esta situación reduce nuestro PR hasta ese 85%.

- Performance index: 1085 kWh/kWp. Se trata de un indicador que relaciona la energía aportada a la red por el sistema con respecto a la potencia pico instalada. Sirve como método de comparación con otras instalaciones, siempre que sean en condiciones iguales, por ejemplo, en una zona geográfica similar.

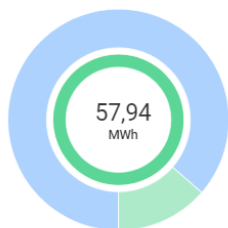
#### 3.5.4. PRODUCCIÓN DEL SISTEMA Y CONSUMO

Consta de dos apartados. La producción del sistema, que hace referencia a la producción y al porcentaje de autoconsumo y exportación de esa energía generada.

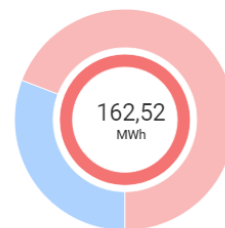
El otro apartado, el consumo, señala el consumo estimado de nuestras instalaciones y establece, en función de las características de generación y perfil de consumo, una estimación del porcentaje de la energía que será autoconsumida y la que será necesario importar de la red exterior.

Merece la pena señalar que el porcentaje de exportación del diseño asciende al 14%. Esto demuestra que el diseño está realizado de forma prudente, priorizando el autoconsumo. Los rendimientos que se produzcan por compensación de excedentes suponen una “ayuda”, no el objetivo.

##### PRODUCCIÓN DEL SISTEMA



##### CONSUMO



Cuadro 3.47. Producción del sistema. Fte.DESIGNER.

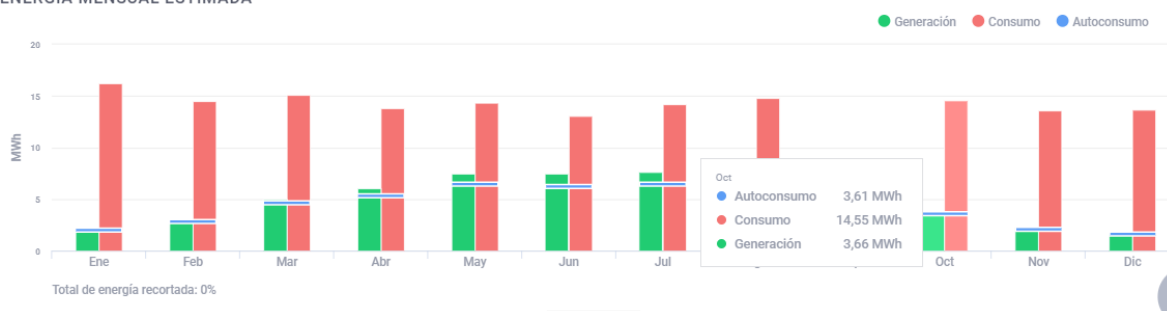


Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

### 3.5.5. ENERGÍA MENSUAL ESTIMADA

Presentación de la energía consumida, generada y autoconsumida cada mes. Como dato, se aprecia que no existe “energía recortada” en la simulación. Significa que no vamos a perder energía, que el inversor no sea capaz de gestionar, provocado por un posible sobredimensionamiento del sistema fotovoltaico (sobredimensionamiento actual prudente: 103%; aunque SOLAREEDGE podría admitir hasta un 130% de sobredimensionamiento para inversores trifásicos.).

ENERGÍA MENSUAL ESTIMADA



Mes	Generación (kWh)	Consumo (kWh)	Autoconsumo (kWh)	Energía Recortada (kWh)
Ene	2030	16.240	2030	-
Feb	2861	14.499	2861	-
Mar	4954	15.080	4680	-
Abr	6028	13.790	5353	-
May	7440	14.342	6508	-
Jun	7485	13.038	6227	-
Jul	7597	14.214	6516	-
Ago	6759	14.814	6177	-
Sep	5302	4729	2302	-
Oct	3663	14.545	3611	-
Nov	2151	13.583	2150	-
Dic	1673	13.648	1673	-

Cuadro 3.48. Energía mensual estimada. Fte.DESIGNER.

### 3.5.6. MÓDULOS FV

Número de módulos, potencia pico (53,4 kWp), estructura coplanar, 106° (-75° formato estándar) de azimut y 5° de inclinación.

MÓDULOS FV					
Nº Módulo	Modelo	Potencia pico	Tipo de estructura	Orientación	Azimut Inclinación
120	Jiangsu Green Power PV Co. Ltd (GPPV), GPNE-S144/FNH 166 Half Cell Series (definido por el usuario)	53,4 kWp			106° 5°
Total:	120	53,4 kWp			

Cuadro 3.49. Módulos FV. Fte.DESIGNER.



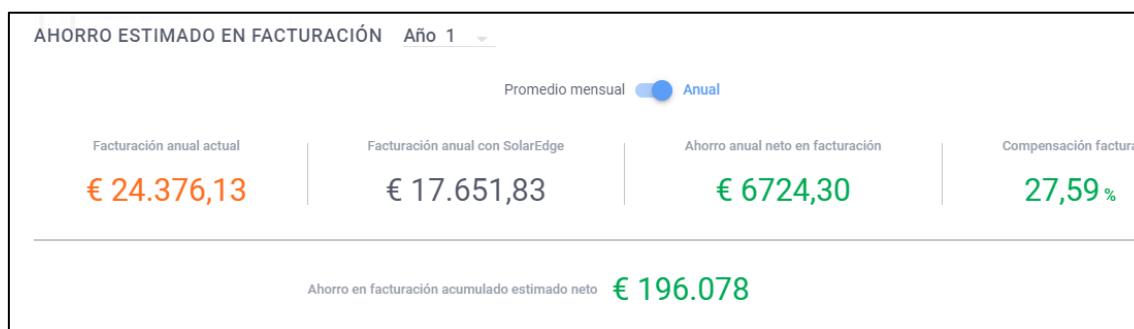
### 3.5.7. AHORRO ESTIMADO EN FACTURACIÓN

La información obtenida hace referencia al consumo horario y a la tarifa seleccionada, a partir del cual se calcula la factura de electricidad.

Los datos para cada año siguiente asumen que el cliente continúa comprando la electricidad con la misma tarifa.

El informe muestra los datos de ahorro, mensuales o anuales, de facturas para cualquier año dado (dentro de los 25 años estimados).

A modo de ejemplo, para el año 1, se observa que la factura anual eléctrica, previa a la instalación de la instalación fotovoltaica alcanzaría los 24.376,13€. Una vez en funcionamiento, se reduce a unos 17.651,83€, obteniendo un ahorro neto de 6.724,30€ y una compensación de la factura entorno al 27,59%. Asimismo, se presenta el ahorro en facturación acumulado, neto, estimado para la vida útil de la instalación: 196.078€.



Cuadro 3.50. ahorro estimado en facturación. Fte.DESIGNER.

### 3.5.8. ANÁLISIS FINANCIERO DETALLADO

En este gráfico podemos ver datos económicos adicionales a lo ya presentado en el resumen financiero:

- Precio del sistema: 64.614€
- Costo de mantenimiento (VPN): 5892€, durante su vida útil (en términos actuales).
- Rentabilidad del sistema (VPN): 97.959€ (en términos actuales).
- Retorno de la inversión (ROI): 138,94%. Es la relación entre capital invertido y beneficio obtenido.
- Costo nivelado de energía (LCOE): 0,068€/kW. Básicamente, el costo de producir 1kWh de energía.

El gráfico obtenido se puede presentar en términos de flujo de caja acumulativo o flujo de caja anual.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

ANÁLISIS FINANCIERO DETALLADO

Precio de sistema	Coste de mantenimiento (NPV)	Retorno de subvenciones (NPV)	Pagos Netos	Ahorro en facturación acumulado (NPV)
€ 64.614	€ 5892	€ 0	€ 70.506	€ 168.465
Rentabilidad del Sistema (NPV)	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Retorno de la inversión (ROI)	Coste nivelado de la energía (LCOE)	Periodo de Retorno
€ 97.959	10,95 %	138,94 %	€/kW 0,068	9,2 años



Cuadro 3.51. Flujo de caja acumulado. Fte.DESIGNER.

### 3.5.9. FLUJO DE CAJA ANUAL

Esta tabla detalla el flujo de efectivo estimado, año a año, durante los 25 años de vida útil del sistema.

Además de los datos que se muestran, esta tabla indica los costos de reemplazo estimados y cuándo ocurrirían (en nuestro caso no se han supuesto durante su vida útil).








FLUJO DE CAJA ANUAL					
# Año	Precio de sistema	Costes de O&M	Ahorro neto en facturación	Flujo de caja anual	Flujo de caja acumulativo
0	-64.614,00 €		0,00 €	-64.614,00 €	-64.614,00 €
1		-320,40 €	6724,30 €	6403,90 €	-58.210,10 €
2		-320,40 €	6873,13 €	6552,73 €	-51.657,36 €
3		-320,40 €	7025,93 €	6705,53 €	-44.951,83 €
4		-320,40 €	7182,81 €	6862,41 €	-38.089,42 €
5		-320,40 €	7343,79 €	7023,39 €	-31.066,03 €
6		-320,40 €	7508,91 €	7188,51 €	-23.877,52 €
7		-320,40 €	7678,31 €	7357,91 €	-16.519,61 €
8		-320,40 €	7852,08 €	7531,68 €	-8987,93 €
9		-320,40 €	8030,32 €	7709,92 €	-1278,00 €
10		-320,40 €	8213,13 €	7892,73 €	6614,72 €
11		-320,40 €	8400,61 €	8080,21 €	14.694,94 €
12		-320,40 €	8592,85 €	8272,45 €	22.967,38 €
13		-320,40 €	8790,01 €	8469,61 €	31.436,99 €
14		-320,40 €	8992,20 €	8671,80 €	40.108,79 €

Cuadro 3.52. flujo de caja anual. Fte.DESIGNER.

### 3.5.10. LISTA DE MATERIALES (BOM)

Listado de materiales y piezas necesarios en la instalación.

LISTA DE MATERIALES (BOM)		
<a href="#">Editar BOM en el análisis financiero</a>		
Equipos	Cantidad	Notas
 SE50K	1	
 P950	60	
 GPNE-S144/FNH 166 Half Cell Series	120	
Estructura soporte módulo solar	1	
Material eléctrico	1	

Cuadro 3.53. Lista materiales BOM. Fte.DESIGNER.



### 3.5.11. DISEÑO ELÉCTRICO

Se puede apreciar cómo se conforman los diferentes strings, cuántos optimizadores y número de paneles fotovoltaicos en cada ramal.

DISEÑO ELÉCTRICO			
Inversores y Almacenamiento	Strings por Inversor	Optimizadores por String	Módulos FV por string
 1 x SE50K 51.27kW   103%	Unidad primaria		
	2 x strings	15 x P950 (2:1)	30
	Unidad secundaria 1		
	2 x strings	15 x P950 (2:1)	30

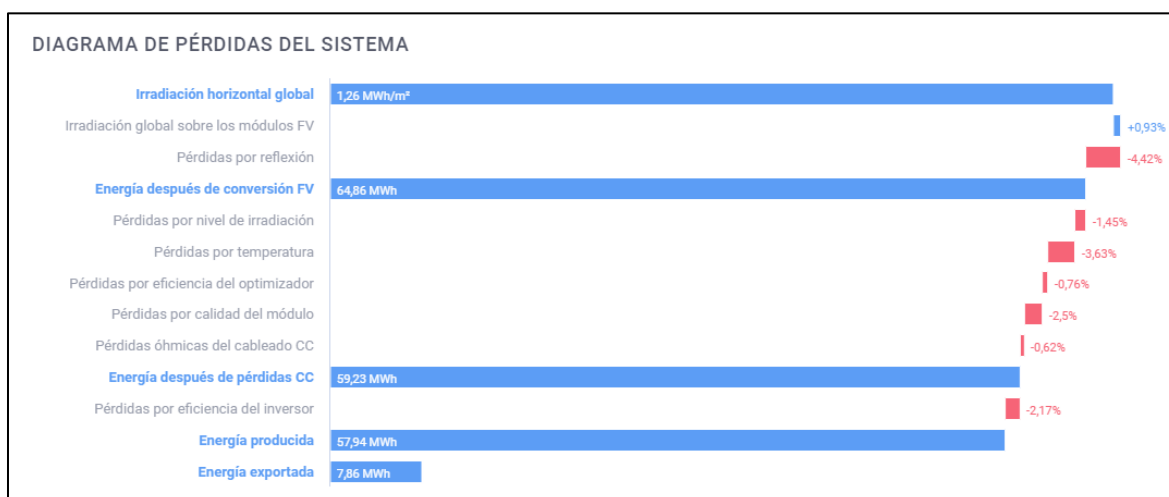
Cuadro 3.54. Diseño eléctrico. Fte. DESIGNER.

### 3.5.12. DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA

- **Irradiación horizontal global: 1,26 MWh/m<sup>2</sup>.** Radiación solar total recibida en una superficie horizontal.
  - **Irradiación global sobre los módulos FV: +0,93%.** Radiación solar total, ajustada a la inclinación y el acimut reales de los módulos FV.
  - **Pérdidas por reflexión: -4,42%.** La cantidad de radiación solar que se pierde debido a la reflexión del vidrio del módulo FV. Este valor depende del ángulo entre el sol y el módulo.
- **Energía después de conversión FV: 64,86 MWh.** Energía que potencialmente pueden producir los módulos FV teniendo en cuenta su eficiencia.
  - **Pérdidas por nivel de irradiación: -1,45%.** Pérdida de energía causada por la disminución de la eficiencia del módulo, debido a las condiciones reales de irradiación.
  - **Pérdidas por temperatura: -3,63%.** Pérdida de energía que se produce por la disminución de la eficiencia del módulo (en comparación con STC) debido a la alta temperatura de funcionamiento.
  - **Pérdidas por eficiencia del optimizador: -0,76%.** Pérdida de energía que se produce por el funcionamiento del optimizador. Este valor depende de la eficiencia del optimizador.
  - **Pérdidas por calidad del módulo: -2,5%.** Pérdida por las diferencias entre el rendimiento de los módulos FV en la realidad y las especificaciones del fabricante. Este valor se calcula en función de la tolerancia notificada por el fabricante del módulo.



- Pérdidas óhmicas del cableado DC: -0,62%. Pérdida de energía que se produce por la resistencia eléctrica del cableado.
- **Energía después de pérdidas DC: 59,23 MWh.** Cantidad total de energía que recibe el inversor.
  - Pérdidas por eficiencia del inversor: -2,71%. Pérdida de energía provocada por el funcionamiento del inversor. Este valor depende de la eficiencia del inversor.
- **Energía producida: 57,94 MWh.** Cantidad total de energía anual que se estima que producirá el sistema.
- **Energía exportada: 7,86 MWh.** Cantidad total de energía anual que se exportará a la red.



Cuadro 3.55. Diagrama de pérdidas. Fte.DESIGNER.

### 3.5.13. PARÁMETROS DE LA SIMULACIÓN

En esta sección se muestran diferentes parámetros usados en la simulación como la zona horaria, estación meteorológica y su fuente de datos, el tipo de red. Además, incluye parámetros extra que complementan los factores de pérdidas como pueden ser aplicar sombreados existentes, el albedo (0,20 en nuestro caso, supone un porcentaje de radiación solar que es reflejada por la superficie terrestre), nieve y/o suciedad en el panel, coeficientes térmicos, etc.

El modificador de ángulo de incidencia (5% en nuestro caso), en inglés Inciden Angle Modifier (IAM), representa una menor transmisión de luz a través del frontal del vidrio de un panel solar cuando la luz solar entra en ángulo. Según las simulaciones de rendimiento, la pérdida de IAM típica está entre el 3% y el 5%, pero rara vez es mayor o



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

menor. Las pérdidas de IAM generalmente aumentan cuando aumentan las pérdidas de inclinación y orientación. [11]

El factor de pérdidas por LID, en inglés Light Induced Degradation, supone una pérdida de potencia, que se produce en los módulos de silicio, en los primeros meses de exposición a la radiación solar. [12]

### PARÁMETROS DE SIMULACIÓN

**UBICACIÓN Y RED**

Zona horaria	/9/2021 CEST (Madrid)
Estación meteorológica	Santander (distancia 14,17 km)
Altitud estación	4 m
Fuente de datos estación	Meteonorm 7.1
Red	400V L-L, 230V L-N

Cuadro 3.56. Otros parámetros de la simulación. Fte.DESIGNER.

**FACTORES DE PERDIDAS**

Ajustes Avanzados ▶

Sombra cercana	Habilitado
Albedo	0,20
Suciedad y Nieve	0%
Modificador de ángulo de incidencia, param. ASHRAE b0	0,05
Coefficiente de pérdidas térmicas $U_c$ (const) Coplanar	20
Coefficiente de pérdidas térmicas $U_c$ (const) Inclinado	29
Factor de pérdidas por LID	0%
Indisponibilidad del sistema	0%

Cuadro 3.57. Edición factores de pérdidas. Fte.DESIGNER.



### 3.6. COMPROBACIÓN DATOS SIMULACIÓN – DESIGNER.

#### 3.6.1. Introducción.

Puede ser razonable pensar que los resultados aportados por el software DESIGNER, perteneciente a la compañía israelí SOLAREEDGE, pudieran adolecer de cierto “entusiasmo” a la hora de ofrecer resultados de producción fotovoltaica y rentabilidades financieras. Es decir, poseer un cierto sesgo comercial, para motivar a sus potenciales clientes a dar el paso y apostar por esta opción comercial frente a otras.

Se ha buscado “segunda opinión” para contrastar la veracidad de los datos obtenidos del informe generado por DESIGNER.

Vamos a contrastar diversos datos con software diferente, como PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System, del servicio de Ciencia y Conocimiento de la Comisión Europea) y PVSyst (software muy utilizado y propiedad de la compañía que lleva el mismo nombre afincada en Suiza).



#### 3.6.2. PVGIS vs DESIGNER.

Según la información disponible en la web de la comisión europea, PVGIS es una aplicación web, gratuita, que permite al usuario obtener datos sobre la radiación solar y la producción de energía del sistema fotovoltaico, en cualquier lugar de la mayor parte del mundo.

Aunque se podrían describir numerosos detalles y procesos de cómo PVGIS obtiene sus resultados, no es ese el fin de esta comparativa, por lo que nos ceñiremos, simplemente, a los resultados numéricos que se pueden obtener.

Vamos a introducir los datos de nuestro proyecto de instalación en PVGIS, según se aprecia en el cuadro siguiente:



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en  
las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

PVGIS > Herramientas interactivas

cargas Documentación Contáctanos

Cursor:  
Seleccionado 43.351, -3.951  
Elevación 57  
(m):

Utilizar las sombras del terreno:  
☒ Horizonte calculado ☐ Cargar archivo de horizonte  
[csv](#) [json](#) [Seleccionar archivo](#) Ningún archivo

CONECTADO A RED

FV CON SEGUIMIENTO  
FV AUTÓNOMO  
DATOS MENSUALES  
DATOS DIARIOS  
DATOS HORARIOS  
TMY

**RENDIMIENTO DE UN SISTEMA FV CONECTADO A RED**

Base de datos de radiación solar\* PVGIS-SARAH  
Tecnología FV\* Silicio cristalino  
Potencia FV pico instalada [kWp]\* 53400  
Pérdidas sistema [%]\* 7  
Opciones de montaje fijo  
Posición de montaje\* Posición libre  
Inclínación [°]\* 5 ☐ Optimizar inclinación  
Azimut [°]\* -75 ☐ Optimizar inclinación y azimut  
☐ Precio electricidad FV  
Coste sistema FV [su divisa]  
Interés [%/año]  
Vida útil [años]

Lat/Lon: Eg. 45.8° Eg. 8.61° Ir!

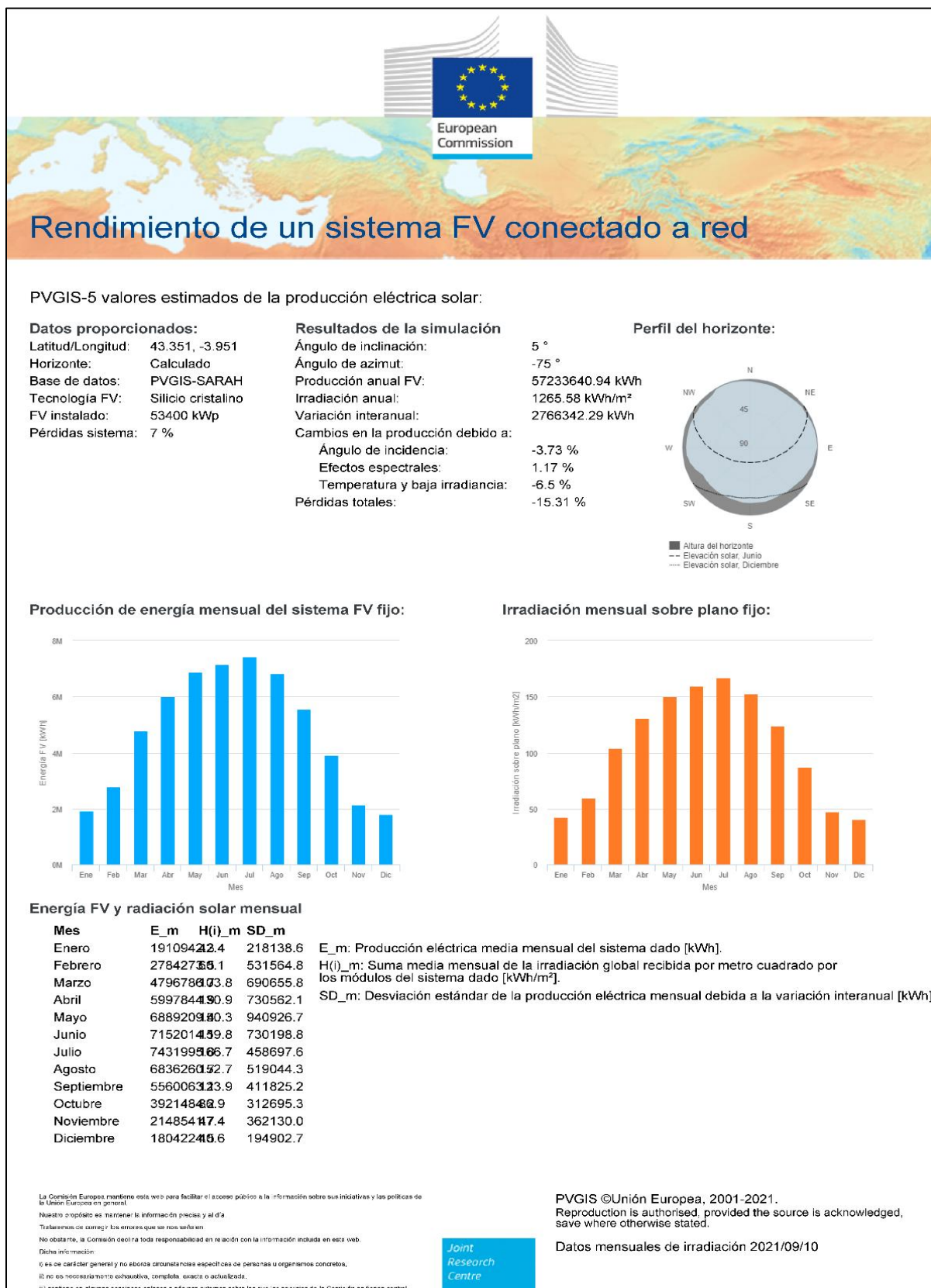
[Visualizar resultados](#) [csv](#) [json](#)

Cuadro 3.58. Display PVIGS online.

- Latitud/Longitud: 43.351, -3.951.
- Horizonte: Calculado.
- Base de datos: PVGIS-SARAH.
- Tecnología FV: Silicio cristalino.
- FV instalado: 53400 kWp.
- Pérdidas sistema: 7 %.
- Ángulo de inclinación: 5°.
- Ángulo de azimut: -75°

Los resultados obtenidos son los siguientes:





Cuadro 3.59. Informe obtenido. Fte. PVGIS.



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA  
GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

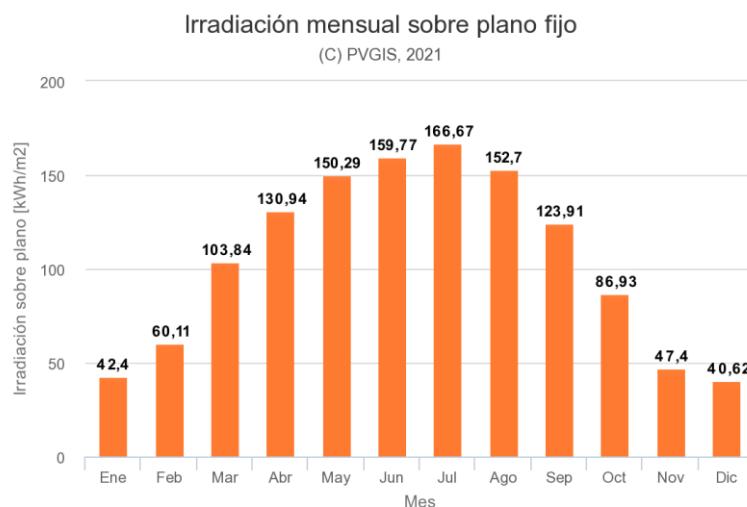


Gráfico 3.3. Irradiación mensual sobre plano fijo. Fte. PVGIS

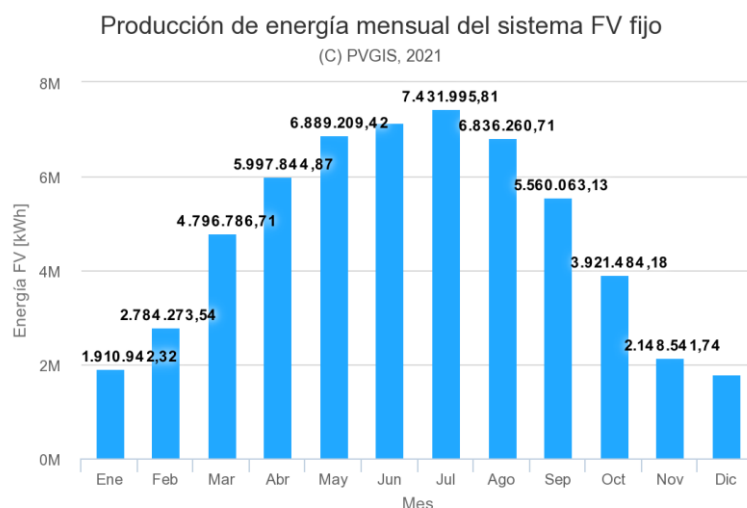


Gráfico 3.4. Producción energía mensual del sistema. Fte. PVGIS.

Tabla 3.7. Resumen irradiación / producción. Fte. PVIGS

	E_m (kWh/mes)	H(i)_m (kWh/m²/mes)	SD_m (kWh)
Enero	1.911	42,4	218,14
Febrero	2.784	60,1	531,56
Marzo	4.797	103,8	690,66
Abril	5.998	130,9	730,56



Mayo	6.889	150,3	940,93
Junio	7.152	159,8	730,20
Julio	7.432	166,7	458,70
Agosto	6.836	152,7	519,04
Septiembre	5.560	123,9	411,83
Octubre	3.921	86,9	312,70
Noviembre	2.149	47,4	362,13
Diciembre	1.804	40,6	194,90
<b>Año</b>	<b>57.233,64</b>	<b>1.265,58</b>	<b>2.766,34</b>
	<b>Efectos espectrales (%)</b>	<b>Pérdidas totales (%)</b>	
	1.17	-15.31	

- E<sub>m</sub>: Producción de energía mensual promedio del sistema (kWh/mes).
- H(i)<sub>m</sub>: Suma mensual promedio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema (kWh/m<sup>2</sup>/mes).
- SD<sub>m</sub>: Desviación estándar de la producción de energía mensual debido a la variación de un año a otro (kWh).

Procedemos a comparar los datos de producción de energía, para los datos de inclinación, acimut, localización, pérdidas, etc., seleccionados obtenidos:



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

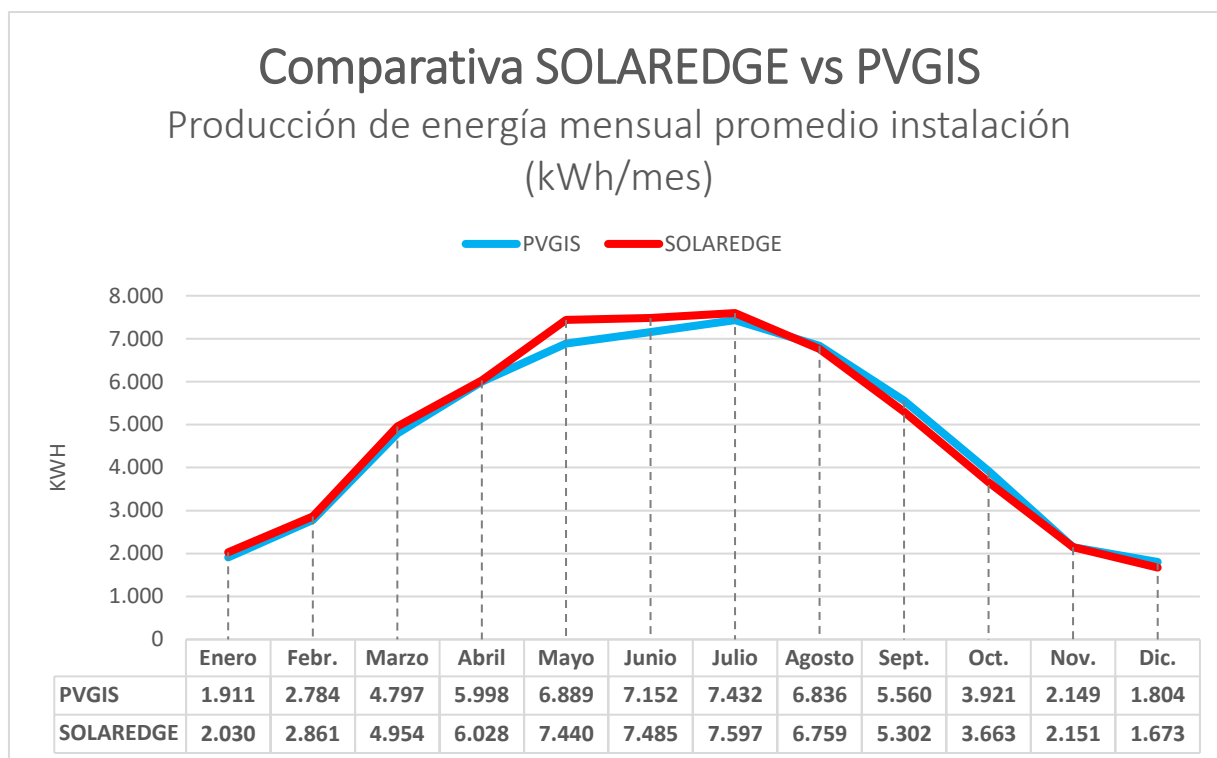


Gráfico 3.5. Comparativa producción energía SOLAREEDGE vs PVGIS.

La estimación de producción para SOLAREEDGE alcanza los 57.943 kWh/año, frente a los 57.233,64 kWh/año estimados por PVGIS. La diferencia anual es de apenas un 1,24% anual. Por lo tanto, se da por contrastado el dato de la producción anual de energía estimada.

Asimismo, hemos tenido acceso a un estudio elaborado por DNV GL, una de las principales sociedades de clasificación del mundo, en donde se evalúa la calidad de la simulación que realiza el software DESIGNER frente a otro software comúnmente utilizado en proyectos de sistemas fotovoltaicos como es el PVsyst. El estudio hace una revisión a fondo de diferentes configuraciones en áreas geográficas distintas por todo el planeta.

Tabla 3.8 Fte. ENERGY SIMULATION VALIDATION. SolarEdge Designer Review. (20 Sept 2.019)

**Table 1-1: Final annual energy estimate results [MWh] comparison**

	Melbourne	Miami	Mumbai	Seattle	Rome	Phoenix	Ft Meyers	Average
PVsyst	51.14	39.94	4.95	13.16	29.26	13.94	12.01	-
Designer	51.08	39.85	4.94	13.22	29.28	13.91	11.93	-
Residual	-0.1%	-0.2%	-0.3%	0.4%	0.1%	-0.2%	-0.7%	-0.2%



Se analizaron diversos aspectos del proceso de simulación, como la irradiancia, la conversión de electricidad, entrada y salida del inversor) así como la energía final o las pérdidas. Los resultados se compararon por horas, meses y años.


La comparación arrojó un porcentaje de variación, de los resultados obtenidos entre DESIGNER y PVsyst, en el entorno del 1%. [13]

### 3.6.3. PVGIS vs PVsyst.

Al igual que parece necesaria la comparación de resultados anterior, entre SOLAREGE y PVGIS, resulta, de igual modo, interesante comparar resultados obtenidos con PVGIS y PVsyst; y ahondar, un poco más, en este proceso de verificación/validación de datos.

En esta ocasión, verificaremos los datos de radiación obtenidos, necesarios para el cálculo de la producción del sistema fotovoltaico.

Según la simulación realizada con el software PVsyst v.7.1.8, versión DEMO, para la ubicación del proyecto, una inclinación de 5° y azimut de -75° se han obtenido los siguientes datos de irradiación global mensual sobre plano inclinado:



PVsyst V7.1.8

Sitio geográfico

Renedo

España

Situación

Latitud

Longitud

Altitud

Zona horaria

43.35 °N

-3.95 °W

45 m

UTC+1

Características del archivo fuente

Generación de datos sintéticos

Renedo, MUNISIT -- Meteorism 7.3 (1991-2010), Sat=20%

Valores meteo mensuales

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Horizontal global	43.3	60.9	103.5	133.6	158.4	165.6	167.9	146.9	118.6	80.3	46.2	37.6	1262.8 kWh/m²
Difuso horizontal	21.5	36.2	52.0	66.6	94.5	89.3	86.1	66.9	54.5	41.9	25.5	22.1	657.1 kWh/m²
Extraterrestre	114.7	147.7	224.4	281.8	339.0	348.3	350.8	312.2	243.3	185.1	123.9	101.2	2772.4 kWh/m²
Índice de claridad	0.378	0.412	0.461	0.474	0.467	0.475	0.479	0.471	0.487	0.434	0.373	0.372	0.455 proporción
Temp. ambiente	9.5	9.4	11.4	12.4	15.0	17.9	19.7	20.3	17.9	16.4	12.1	10.0	14.3 °C
Velocidad del viento	4.2	4.1	4.2	4.0	3.5	3.2	3.2	3.3	3.1	3.8	4.5	4.5	3.8 m/s

Acumulaciones mensuales

Plano: inclinación 5°, azimut -75°, Albedo 0.20

Comienzo del intervalo	GlobHor kWh/m²/mes	DiffHor kWh/m²/mes	GlobInc (Modelo Perez) kWh/m²/mes	T_Amb °C
Enero	43.3	21.5	44.7	9.5
Febrero	60.9	36.2	61.3	9.4
Marzo	103.5	52.0	104.4	11.4
Abril	133.6	66.6	134.3	12.4
Mayo	158.4	94.5	159.0	15.0
Junio	165.6	89.3	165.9	17.9
Julio	167.9	86.1	168.5	19.7
Agosto	146.9	66.9	147.5	20.3
Septiembre	118.6	54.5	119.7	17.9
Octubre	80.3	41.9	81.5	16.4
Noviembre	46.2	25.5	47.1	12.1
Diciembre	37.6	22.1	38.8	10.0
Año	1262.9	657.0	1272.8	14.4

Cuadro 3.60. Informe Meteo PVsyst. Fte. PVsyst.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Los datos de Radiación suministrados por PVGIS resultan:

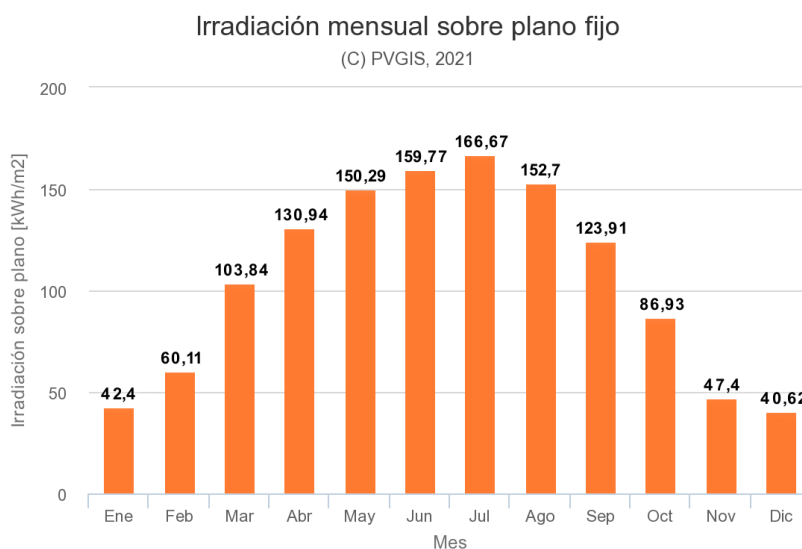


Gráfico 3.6. Irradiación mensual estimada plano fijo. Fte. PVGIS

Como se aprecia en el Gráfico 3.7, podemos concluir que la diferencia en la estimación de PVGIS (1.2635,58 kWh/m<sup>2</sup>/año) y PVsyst (1272,8 kWh/m<sup>2</sup>/año) ronda el 0,6% anual. Por lo tanto, se estiman verificados los datos estudiados en este apartado.

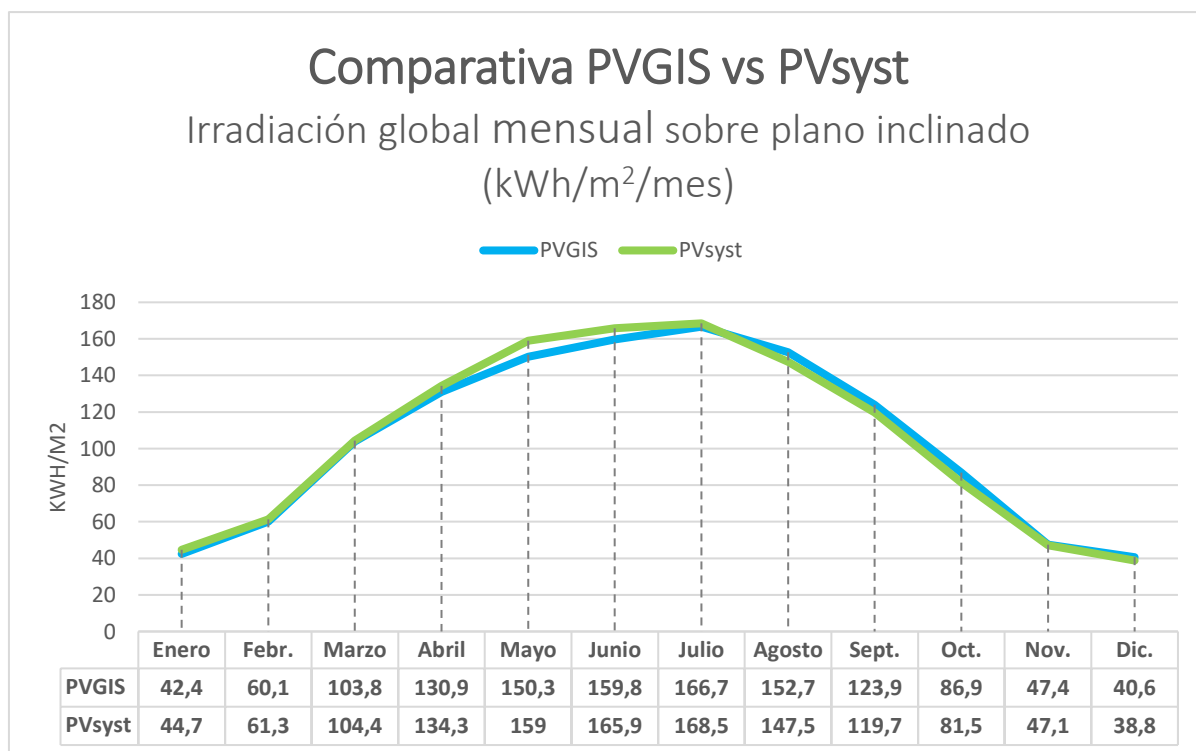


Gráfico 3.7. Comparativa irradiación global plano inclinado PVGIS vs PVsyst.





Para finalizar este apartado, podemos sentenciar que los datos aportados por la simulación del software DESIGNER, de la empresa SOLAREEDGE, han sido contrastados con los datos ofrecidos por otros programas informáticos, PVGIS y PVsyst, tanto en términos de producción de energía mensual promedio de la instalación (kWh/mes) como irradiación global mensual sobre plano inclinado (kWh/m<sup>2</sup>/mes).

Apenas se aprecian cambios susceptibles de señalamiento.

### **3.7. GESTIÓN DE RESIDUOS.**

#### **3.7.1. Introducción.**

Se adjunta el presente Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición de acuerdo con el R.D 105/2008 de 1 de febrero por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, fomentando la prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización de los mismos. Así mismo se asegura que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado.

Según el citado Real Decreto se establece como Productor de Residuos de construcción y demolición la persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición. Si la obra no necesita licencia urbanística, el productor de residuos será la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de la obra de construcción o demolición.

El Poseedor es aquella persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de gestión y demolición y no ostente la condición de gestor de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de poseedor, la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición (constructor, subcontratistas o trabajadores autónomos). No tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena.

En presente Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición se recoge en un principio la identificación y clasificación de los residuos presumiblemente existentes para posteriormente proceder a estimar la cantidad, tanto en toneladas como en metros cúbicos, de los mismos.

Una vez catalogados y cuantificados los residuos, se pasa a describir en el presente plan su destino, separando los que puedan ser reutilizables en la obra y los sean valorizables del resto. De estos últimos se indicará su tratamiento final.

Por último, contempla este Plan de Residuos, la valoración destinada a sufragar la correcta gestión de cada tipo de residuo.



### 3.7.2. Identificación de residuos.

Se identifican dos categorías de Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

#### 3.7.2.1. RCDs de Nivel I.

Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

#### 3.7.2.2. RCDs de Nivel II.

Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios.

Son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no.

### 3.7.3. Estimación de cantidad de residuos y tipo.

Comprende este apartado la estimación tanto en toneladas (Tn) como en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de los residuos generados en la obra.

Para ello, se realizan las estimaciones en base a estudios estadísticos sobre vertederos donde se estima un volumen de 0,1 m<sup>3</sup> de residuos por m<sup>2</sup> construido, con una densidad entre 0,5 y 1,5 Tn/m<sup>3</sup>.

En base a estos datos, la estimación completa de residuos en la obra es:



Tabla 3.9 Estimación de residuos generados.

GESTION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)				
Estimación de residuos en OBRA NUEVA				
Superficie Construida total		669,00 m <sup>2</sup>		
Volumen de residuos (S x 0,10)		66,90 m <sup>3</sup>		
Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5 T/m <sup>3</sup> )		0,50 Tn/m <sup>3</sup>		
Toneladas de residuos		33,45 Tn		
Estimación de volumen de tierras procedentes de la excavación		0,00 m <sup>3</sup>		
Presupuesto estimado de la obra		64.614,00 €		
Presupuesto de movimiento de tierras en proyecto		0,00 €		

A.1.: RCDs Nivel II				
		Tn	d	V
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC		Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	m <sup>3</sup> Volumen de Residuos
1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN				
Tierras y pétreos procedentes de la excavación estimados directamente desde los datos de proyecto		0,00	1,50	0,00

A.2.: RCDs Nivel II				
	%	Tn	d	V
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC	% de peso (según CC.AA Madrid)	Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	m <sup>3</sup> Volumen de Residuos
RCD: Naturaleza no pétreo				
1. Asfalto	0,000	0,00	1,30	0,00
2. Madera	0,020	0,67	0,60	1,12
3. Metales	0,020	0,67	1,50	0,45
4. Papel	0,003	0,10	0,90	0,11
5. Plástico	0,027	0,90	0,90	1,00
6. Vidrio	0,000	0,00	1,50	0,00
7. Yeso	0,000	0,00	1,20	0,00
<b>TOTAL estimación</b>	0,070	<b>2,34</b>		<b>2,68</b>
RCD: Naturaleza pétreo				
1. Arena Grava y otros áridos	0,000	0,00	1,50	0,00
2. Hormigón	0,000	0,00	1,50	0,00
3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos	0,000	0,00	1,50	0,00
4. Piedra	0,000	0,00	1,50	0,00
<b>TOTAL estimación</b>	0,000	<b>0,00</b>		<b>0,00</b>
RCD: Potencialmente peligrosos y otros				
1. Basuras	0,070	2,34	0,90	2,60
2. Potencialmente peligrosos y otros	0,000	0,00	0,50	0,00
<b>TOTAL estimación</b>	0,070	<b>2,34</b>		<b>2,60</b>

Con el dato estimado de RCDs/m<sup>2</sup> de construcción, y en base a los estudios realizados por la Comunidad de Madrid de la composición en peso de los RCDs que van a sus vertederos plasmados en el Plan Nacional de RCDs 2001-2006, se designan los diferentes pesos y volúmenes en función de la tipología de residuo.



#### 3.7.4. Medidas de segregación in situ previstas (clasificación / selección).

En base al artículo 5.5 del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades: [14]

Tabla 3.10 Tn a superar para separación por fracciones.

Material	Peso (Tn)
Hormigón	80
Ladrillos, tejas, cerámicos.	40
Metales	2
Madera	1
Vidrio	1
Plásticos	0,5
Papel y cartón	0,5

Se indica a continuación las medidas a adoptar para la segregación de los residuos:

Tabla 3.11. Eliminación de elementos.

	Eliminación previa de elementos desmontables y/o peligrosos
<b>X</b>	Derribo separativo / segregación en obra nueva (ej.: pétreos, madera, metales, plásticos + cartón + envases, orgánicos, peligrosos...). Solo en caso de superar las fracciones establecidas en el artículo 5.5 del RD 105/2008
	Derribo integral o recogida de escombros en obra nueva “todo mezclado”, y posterior tratamiento en planta

#### 3.7.5. Previsión de operaciones de reutilización.

En el presente apartado se marcan las operaciones y el destino previsto inicialmente para aquellos materiales (susceptibles de reutilización).



Tabla 3.12. Operaciones previstas residuos.

	OPERACIÓN PREVISTA	DESTINO INICIAL
<b>X</b>	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado	Externo
	Reutilización de tierras procedentes de la excavación	
	Reutilización de residuos minerales o pétreos en áridos reciclados o en urbanización	
	Reutilización de materiales cerámicos	
	utilización de materiales no pétreos: madera, vidrio...	
	Reutilización de materiales metálicos	
	Otros (indicar)	

### 3.7.6. Previsión de operaciones de valoración in situ de residuos generados.

Se procede a indicar las operaciones previstas y el destino inicialmente para los materiales (propia obra o externo).

Tabla 3.13. Operaciones previstas residuos.

	OPERACIÓN PREVISTA
<b>X</b>	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado
	Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía
	Recuperación o regeneración de disolventes
	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que utilizan no disolventes
	Reciclado o recuperación de metales o compuestos metálicos
	Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas
	Regeneración de ácidos y bases
	Tratamiento de suelos, para una mejora ecológica de los mismos
	Acumulación de residuos para su tratamiento según el Anexo II.B de la Comisión 96/350/CE
	Otros (indicar)



## Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

**3.7.7. Destino previsto para residuos no reutilizables ni valorizables in situ.**

Se contempla en este apartado el tratamiento a realizar para cada tipo de residuo no reutilizable ni valorable. Siendo la terminología adoptada:

- RCD: Residuos de la Construcción y la Demolición.
- RSU: Residuos Sólidos Urbanos.
- RNP: Residuos NO peligrosos
- RP: Residuos peligrosos

Tabla 3.14. Destino residuos.

A.1.: RCDs Nivel I			
1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN			
17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero 0,00
17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero 0,00
17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero 0,00
A.2.: RCDs Nivel II			
RCD: Naturaleza no pétreo			
1. Asfalto			
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01	Reciclado	Planta de reciclaje RCD 0,00
2. Madera			
x 17 02 01	Madera	Reciclado	Gestor autorizado RNPs 0,67
3. Metales			
17 04 01	Cobre, bronce, latón	Reciclado	Gestor autorizado RNPs 0,00
17 04 02	Aluminio	Reciclado	
17 04 03	Plomo		
17 04 04	Zinc		
x 17 04 05	Hierro y Acero	Reciclado	
17 04 06	Estaño		
17 04 06	Metales mezclados	Reciclado	
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	Reciclado	0,00
4. Papel			
x 20 01 01	Papel	Reciclado	Gestor autorizado RNPs 0,10
5. Plástico			
x 17 02 03	Plástico	Reciclado	Gestor autorizado RNPs 0,90
6. Vidrio			
x 17 02 02	Vidrio	Reciclado	Gestor autorizado RNPs 0,00
7. Yeso			
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs 0,00
RCD: Naturaleza pétreo			
1. Arena Grava y otros áridos			
01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07	Reciclado	Planta de reciclaje RCD 0,00
01 04 09	Residuos de arena y arcilla	Reciclado	Planta de reciclaje RCD 0,00
2. Hormigón			
17 01 01	Hormigón	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RCD 0,00
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos			
17 01 02	Ladrillos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD 0,00
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD 0,00
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RCD 0,00
4. Piedra			
17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03	Reciclado	0,00



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA  
GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

César Blanco Portilla



RCD: Potencialmente peligrosos y otros			Tratamiento	Destino	Cantidad
1. Basuras					
x	20 02 01	Residuos biodegradables	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RSU	0,82
x	20 03 01	Mezcla de residuos municipales	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RSU	1,52
2. Potencialmente peligrosos y otros					
17 01 06	mezcal de hormigón, ladrillos, tejas y materilaes cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)		Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
17 02 04	Madera, vidrio o plastico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas		Tratamiento Fco-Qco		0,00
17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitran de hulla		Depósito / Tratamiento		0,00
17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados		Depósito / Tratamiento		0,00
17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas		Tratamiento Fco-Qco		0,00
17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitran de hulla y otras SP's		Tratamiento Fco-Qco		0,00
17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto		Depósito Seguridad		0,00
17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas		Depósito Seguridad		0,00
17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto		Depósito Seguridad		0,00
17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's		Tratamiento Fco-Qco		0,00
17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurío		Depósito Seguridad	0,00	
17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's		Depósito Seguridad	0,00	
17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's		Depósito Seguridad	0,00	
17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03		Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,00
17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's		Tratamiento Fco-Qco	Gestor autorizado RPs	0,00
17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas		Tratamiento Fco-Qco		0,00
17 05 07	Balastro de vías férreas que contienen sustancias peligrosas		Depósito / Tratamiento		0,00
x 15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)		Depósito / Tratamiento		0,00
13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)		Depósito / Tratamiento		0,00
16 01 07	Filtros de aceite		Depósito / Tratamiento		0,00
20 01 21	Tubos fluorescentes		Depósito / Tratamiento		0,00
16 06 04	Pilas alcalinas y salinas		Depósito / Tratamiento		0,00
16 06 03	Pilas botón		Depósito / Tratamiento		0,00
x 15 01 10	Envases vacíos de metal o plastico contaminado		Depósito / Tratamiento		0,00
08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices		Depósito / Tratamiento	0,00	
14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados		Depósito / Tratamiento	0,00	
07 07 01	Sobrantes de desencofrantes		Depósito / Tratamiento	0,00	
15 01 11	Aerosoles vacíos		Depósito / Tratamiento	0,00	
16 06 01	Baterías de plomo		Depósito / Tratamiento	0,00	
13 07 03	Hidrocarburos con agua		Depósito / Tratamiento	0,00	
17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03		Depósito / Tratamiento	Restauración / Vertedero	0,00

### 3.7.8. Presupuesto.

A continuación, se desglosa el capítulo presupuestario correspondiente a la gestión de los residuos de la obra, repartido en función del volumen de cada material.





## Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Tabla 3.15. Presupuesto gestión de residuos.

A.- ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE LOS RCDs (calculado sin fianza)				
Tipología RCDs	Estimación (m³)	Precio gestión en Planta / Vestadero / Cantera / Gestor (€/m³)	Importe (€)	% del presupuesto de Obra
<b>A1 RCDs Nivel I</b>				
Tierras y pétreos de la excavación	0,00	1,12	0,00	0,0000%
Orden 2690/2006 CAM establece límites entre 40 - 60.000 €				<b>0,0000%</b>
<b>A2 RCDs Nivel II</b>				
RCDs Naturaleza Pétreo	0,00	8,00	0,00	0,0000%
RCDs Naturaleza no Pétreo	2,68	8,00	21,41	0,0331%
RCDs Potencialmente peligrosos	2,60	7,00	18,21	0,0282%
Orden 2690/2006 CAM establece un límite mínimo del 0,2% del presupuesto de la obra				<b>0,0613%</b>
<b>B.- RESTO DE COSTES DE GESTIÓN</b>				
B1.- % Presupuesto hasta cubrir RCD Nivel I			0	0,0000%
B2.- % Presupuesto hasta cubrir RCD Nivel II			89,62	0,1387%
B3.- % Presupuesto de Obra por costes de gestión, alquileres, etc...			64,61	0,1000%
<b>TOTAL PRESUPUESTO PLAN GESTION RCDs</b>			<b>193,81</b>	<b>0,3000%</b>

Para los RCDs de Nivel I y Nivel II se han empleado los datos del apartado 3.7.3. Estimación de cantidad de residuos y tipo.

Se establecen los precios de gestión acorde a lo establecido en la Legislación vigente. El contratista posteriormente se podrá ajustar a la realidad de los precios finales de contratación y especificar los costes de gestión de los RCDs de Nivel II por las categorías LER si así lo considerase necesario.

Por lo tanto, asciende el Presupuesto destinado a la gestión de los residuos de construcción y demolición a la expresada cantidad de ciento noventa y tres con ochenta y un céntimos (193,81 €).

### 3.7.9. Conclusión.

Considerando que el presente plan está redactado conforme a la Legislación y Normativa vigentes y que cumplen el objetivo previsto, se espera que sea aprobado por la superioridad y sirva de base para la ejecución de la gestión los residuos.

Boo de Piélagos, 2 de Septiembre de 2.021

Fdo.: César Blanco Portilla.



#### **4. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.**



#### **4.1. OBJETO DEL PLIEGO.**

El presente Documento tiene por objeto determinar los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de las obras, así como las características técnicas de los equipos descritos en la memoria.

#### **4.2. DISPOSICIONES APLICABLES.**

Además de las disposiciones contenidas en este Pliego, serán de aplicación en todo lo no especificado en él, las siguientes:

- Pliego de Condiciones Económico Administrativo que se establezca para la contratación de la obra.
- Los Reglamentos, Instrucciones y Normas citadas a lo largo de los diferentes capítulos del presente Proyecto.
- Las disposiciones legales vigentes sobre higiene y seguridad del trabajo, etc.
- El contratista está obligado a cumplir cuantas Leyes, disposiciones, estatutos, etc., que rigen las relaciones entre patronos y obreros, en vigor o que en lo sucesivo se dicten.
- El Contratista está obligado igualmente al cumplimiento de toda la legislación vigente sobre protección de la Industria Nacional y fomento del consumo de artículos nacionales, a menos que por sus características o especificaciones técnicas, no existan elementos equivalentes fabricados en España que cumplan las citadas condiciones.

#### **4.3. DIRECCIÓN DE LAS OBRAS.**

Las atribuciones asignadas en el presente pliego al Director de Obra y las que le asigne la legislación vigente, podrán ser delegadas en su personal colaborador, de acuerdo con las prescripciones establecidas, pudiendo exigir el contratista que dichas atribuciones delegadas se emitan explícitamente en orden que conste en el correspondiente "Libro de Ordenes de la Obra".

Cualquier miembro del equipo colaborador del Director de Obra, podrá dar en caso de emergencia, y a juicio propio, las instrucciones que estime pertinentes, dentro de las atribuciones legales, que serán de obligado cumplimiento por el Contratista.

Los conceptos que señalan las expresiones "Director de Obra" y "Dirección de Obra" son prácticamente ambivalentes, teniendo en cuenta lo antes enunciado, si bien debe entenderse aquí que, al indicar Dirección de obra, las funciones o tareas a que se refiere dicha expresión son presumiblemente delegables.



#### **4.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.**

Las comprendías en el presente proyecto y descritas en la Memoria.

#### **4.5. EQUIPOS Y MATERIALES.**

##### **4.5.1. Generadores fotovoltaicos.**

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215, para módulos de silicio cristalino o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido. Este requisito se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y el número de serie, trazable a la fecha de fabricación, que permita su identificación individual.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas en este apartado. En caso de variaciones respecto de estas características deberán ser aprobados por la dirección facultativa.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

Para que un módulo resulte aceptable su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 10\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

##### **4.5.2. Estructura soporte.**

La estructura de soporte y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las normas del fabricante. Deberán cumplir la norma UNE 1090 para el caso de acero o aluminio.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE DB SE).



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Toda la estructura, así como la tornillería en acabado galvanizado por inmersión en caliente o centrifugado deberá cumplir la norma UNE EN 1461, garantizando una durabilidad del mismo según lo establecido en la norma UNE EN ISO 14713.

La Instrucción Española de Acero Estructural (EAE), aprobada por Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo de 2011 es aplicable a “todas las estructuras y elementos de acero estructural de edificación o de ingeniería civil”, salvo las realizadas en aceros de alta resistencia o elementos mixtos de acero estructural y hormigón u otro material resistente.

La tornillería empleada deberá ser de acero inoxidable según la Norma MV- 106. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico y teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

#### **4.5.3. Inversores.**

Será del tipo conexión a la red eléctrica con una potencia de entrada variable para que sea capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: Fuente de corriente.
- Autoconmutado.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionará en isla o modo aislado.

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y compatibilidad electromagnética (Ambas serán certificadas por el fabricante) incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones mediante varistores o similares.



- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo. Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz AC. Podrá ser externo al inversor.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar de un 10 % superior a las CEM. Además, soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- Los valores de eficiencia al 25% y 100% de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85% y 88%, respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW y del 90% al 92% para inversores mayores de 5 kW.
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5% de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95 entre el 25% y el 100% de la potencia nominal.
- Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.
- Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0°C y 40°C de temperatura y 0% a 85% de humedad relativa.

En todo caso, contarán con la Declaración de conformidad correspondiente y la certificación en materia de seguridad que esté vigente en ese momento.

#### **4.5.4. Conductores.**

Serán de secciones que se especifiquen en los planos y memoria. Todos los conductores serán de doble capa de aislamiento, tipo RV 0,6/1 Kv. La resistencia del aislamiento y la rigidez dieléctrica cumplirán lo establecido en la ICT-BT-19.

No se admitirán cables que no tengan la marca grabada en la cubierta exterior, que presente desperfectos superficiales o que no vayan en las bobinas de origen.



No se permitirá el empleo de conductores de procedencia distinta en un mismo circuito. En las bobinas deberá figurar el nombre del fabricante, tipo de cable y sección.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte DC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior de 1,5% y los de la parte AC para que la caída de tensión sea inferior del 2% teniendo en cuenta en ambos casos como referencia las correspondientes a cajas de conexiones.

#### **4.5.5. Canalizaciones.**

Los tubos serán conformes a la norma UNE-EN 50.086 2-4 con las características mínimas que se indican en la tabla 8 de la ITC BT 07 del Reglamento Electrotécnico de BT.

Deberán tener un diámetro que permita el alojamiento y extracción de los cables fácilmente.

Las canalizaciones se establecerán de forma que, por la identificación de los circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones. Esta identificación puede complementarse mediante etiquetas o señales.

#### **4.5.6. Cuadro eléctrico y control.**

##### *4.5.6.1. Construcción:*

El armario será prefabricado poliéster con departamento separado para el equipo de medida, y como mínimo IP-45. Estarán contruidos por perfiles metálicos perforados a distancia de 25mm. con la parte posterior cerrada. Las tapas superiores y laterales serán desmontables. Las placas modulares serán de 3 mm. y cincadas al fuego.

Todos los aparatos del cuadro estarán fabricados por casas de reconocida garantía y preparados para tensiones de servicio no inferior a 500V.

##### *4.5.6.2. Fusibles:*

Los fusibles serán APR., con bases apropiadas, de modo que no queden accesibles partes en tensión, ni sean necesarias herramientas especiales para la reposición de los cartuchos. El calibre será exactamente el del proyecto.

##### *4.5.6.3. Interruptores automáticos:*

Los interruptores y conmutadores serán rotativos y provistos de cubierta, las dimensiones de las piezas de contacto serán suficientes para que la temperatura no





exceda de 65°C después de funcionar una hora con su intensidad nominal. Su construcción ha de ser tal que permita realizar un mínimo de maniobra de apertura y cierre, del orden de 10.000, con una carga nominal a la tensión de trabajo sin que produzcan desgastes excesivos o averías en los mismos.

#### 4.5.6.4. *Interruptores diferenciales:*

Los interruptores diferenciales estarán dimensionados para la corriente de fuga especificada en el proyecto, pudiendo soportar 20000 maniobras bajo la carga nominal. El tiempo de respuestas no será superior a 300 ms y deberán estar provistos de botón de prueba.

#### 4.5.6.5. *Contactores:*

Los contactores estarán probados a 3000 maniobras por hora ya garantizados para cinco millones de maniobras, los contadores estarán recubiertos de plata. La bobina de tensión tendrá una tensión nominal de 400V, con una tolerancia de  $\pm 10\%$ . Esta tolerancia se entiende en dos sentidos: en primer lugar, conectarán perfectamente siempre que la tensión varíe entre dichos límites y en segundo lugar no se producirán calentamientos excesivos cuando la tensión se eleve indefinidamente un 10% sobre la nominal. La elevación de la temperatura de las piezas conductoras y contactos no podrá exceder de 65°C después de funcionar una hora con su intensidad nominal.

Asimismo, en tres interrupciones sucesivas, con tres minutos de inervalo, de una corriente con la intensidad correspondiente a la capacidad de ruptura y tensión igual a la nominal, no se observarán arcos prolongados, deterioro en los contactos, ni averías en los elementos constitutivos del contactor.

#### 4.5.6.6. *Interruptores horarios:*

En los interruptores horarios no se consideran necesarios los dispositivos astronómicos. El volante o cualquier otra pieza serán de materiales que no sufran deformaciones por la temperatura ambiente. La cuerda será eléctrica y con reserva para un mínimo de 36 horas. Su intensidad nominal admitirá una sobrecarga del 20% y la tensión podrá variar en un  $\pm 20\%$ . Se rechazará el que adelante o atrase más de 5 minutos al mes.

#### 4.5.6.7. *Bornas de conexión:*

Las bornas de conexión serán de sección suficiente para los cables a contener. La presión se conseguirá mediante rosca. El aislamiento será para 1.000 V. de material resistente a la rotura y temperatura.



#### **4.5.6.8. Dispositivos de corte y protección:**

En general todos los elementos de protección se seleccionarán de forma que actúen selectivamente sobre la instalación, y llevarán al igual que los receptores, marcadas las características principales, tensión, carga, poder de corte, etc.

Todo el resto de pequeño material será presentado previamente a la dirección Facultativa, el cuál estimará si sus condiciones son suficientes para su instalación.

#### **4.5.7. Instalación eléctrica.**

La instalación eléctrica cumplirá con las exigencias del REBT.

Se cumplirá en todo momento con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

La mano de obra relativa a la instalación eléctrica deberá estar realizada por personal técnico cualificado.

### **4.6. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.**

#### **4.6.1. Generalidades.**

El conexionado entre los dispositivos de protección situados en estos cuadros se ejecutará ordenadamente, disponiendo de regletas de conexionado para los conductores activos y para el conductor de protección.

La ejecución de las canalizaciones, se realizará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúe la instalación.

Se realizará la instalación de forma que permita la fácil introducción y retirada de los conductores en las bandejas después de colocadas y fijadas éstas y sus accesorios, disponiendo de los registros que se consideren convenientes. Los conductores se alojarán en las bandejas después de colocadas estas y sus accesorios.

No se permitirán más de tres conductores en los bornes de conexión.

La conexión de los interruptores unipolares, de existir, se realizará sobre el conductor de fase.

No se empleará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Todo conductor debe poder seccionarse en cualquier punto de la instalación en que derive.



Las tomas de corriente dentro de un mismo habitáculo deben estar conectadas a la misma fase, en caso contrario, entre las tomas alimentadoras de distintas fases habrá una separación de al menos 1,5 m.

Las cubiertas, tapas, envolturas, manivelas y pulsadores de maniobra instalados en lugares con paredes y suelos conductores serán de material aislante.

Todas las bases de toma de corriente llevarán un contacto con toma de tierra.

Los circuitos eléctricos derivados llevarán protección contra sobrecorrientes por interruptor automático o cortocircuito fusible, que se instalarán siempre sobre el conductor de fase propiamente dicho.

Se dispondrá un punto de puesta a tierra accesible y señalizado con el objeto de poder efectuar la medición de resistencia a tierra.

Los equipos eléctricos de uso en la actividad llevarán clavijas de enchufe con dispositivos de toma de tierra. Se procurará que estos aparatos estén homologados según las normas UNE.

#### **4.6.2. Proyecto.**

La Empresa instaladora seguirá estrictamente los criterios expuestos en los documentos del Proyecto de las instalaciones.

Lo mencionado en este Pliego, y omitido en los demás documentos del Proyecto o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en todos los documentos.

En caso de contradicción, prevalecerá lo prescrito en este Pliego de Condiciones.

Las omisiones en este Pliego de Condiciones o en el resto de los documentos del Proyecto o las descripciones erróneas de los detalles de obra que sean indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención de las obras, y que por uso y costumbre deban ser realizadas, no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que por el contrario, deberán ejecutarlos como si hubieran sido completa y correctamente especificados en todos los documentos.

#### **4.6.3. Planos y esquemas de las instalaciones.**

El Contratista efectuará los planos detallados de los equipos, aparatos y otros, que indiquen claramente dimensiones, espacios libres, situación de conexiones, peso y cuanta otra información sea necesaria para su correcta evaluación.

El Contratista deberá confrontar inmediatamente después de adjudicada la obra, todos los planos y medidas, y deberá informar por escrito a la Dirección Facultativa en el plazo máximo de diez (10) días de cualquier contradicción o error.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

Los planos de detalle podrán ser sustituidos por folletos o catálogos del fabricante del equipo o aparato.

Las cotas de los planos deberán en general, ser referidas a las medidas de escala. Se preferirán los planos con la mayor ampliación posible.

#### **4.6.4. Acopio de materiales.**

La Empresa instaladora irá almacenando, en un lugar establecido de antemano, todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según necesidades.

Los materiales procederán de fábrica, convenientemente embalados, al objeto de protegerlos contra los elementos climatológicos, golpes y malos tratos durante el transporte, así como durante su permanencia en el lugar de almacenamiento.

Cuando el transporte se realice por mar, los materiales llevarán un embalaje especial, así como las protecciones necesarias para evitar toda posibilidad de corrosión marina.

Los embalajes de componentes pesados o voluminosos dispondrán de los convenientes refuerzos de protección y elementos de enganche que faciliten las operaciones de carga y descarga, con la debida seguridad y corrección.

Externamente al embalaje, y en lugar visible, se colocarán etiquetas que indiquen, inequívocamente, el material contenido en su interior.

A la llegada a obra se comprobará que las características técnicas de todos los materiales correspondan con las especificadas en proyecto.

#### **4.6.5. Replanteo.**

Antes de iniciar la ejecución de las obras se procederá al replanteo de las mismas sobre el terreno. Durante la ejecución de las obras se realizarán los replanteos parciales que interesen al Contratista o a la Dirección.

Todos los replanteos serán realizados en presencia de la Dirección Facultativa que deberá dar la conformidad a los mismos por escrito.

El Contratista será el único y exclusivo responsable de que desaparezca o se modifiquen algunas de las señales que definan el replanteo, así como las consecuencias que se puedan derivar de la modificación de las referidas señales para la interpretación de las mismas.

Serán por cuenta del Contratista todos los gastos que originen los replanteos y la conservación de las señales. Asimismo, será por su cuenta todo el material que se precise utilizar y pondrá a disposición de la Dirección Facultativa el personal que estime necesario utilizar para llevar a cabo adecuadamente los replanteos.



#### **4.6.6. Acta de replanteo.**

Realizado el replanteo se procederá a levantar el acta de Replanteo en la que se recogerán todas las observaciones que se consideren necesarias, debiendo ser firmada por triplicado por la Dirección Facultativa y Contratista en el referido plazo de los siete (7) días siguientes a la adjudicación. El Acta de replanteo es requisito indispensable para el comienzo de las obras.

#### **4.6.7. Cooperación con otros contratistas.**

La Empresa instaladora cooperará plenamente con otros contratistas, entregando la documentación necesaria y sus requisitos tanto a éstos como a la Dirección Facultativa a fin de que los trabajos transcurran sin interferencias ni retrasos.

#### **4.6.8. Protección.**

Durante el almacenamiento, en la obra, se protegerán todos los materiales de desperfectos y daños, así como de la humedad.

Las aberturas de conexión, de todos los aparatos y equipos, estarán convenientemente protegidas durante el transporte, almacenamiento y montaje, hasta tanto no se proceda a su unión. Las protecciones tendrán la forma y resistencia adecuadas para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades, así como los daños mecánicos que puedan sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas o manguitos.

Se tendrá especial cuidado con los materiales frágiles y delicados, como materiales aislantes, aparatos de control y medida, que quedarán, especialmente, protegidos.

#### **4.6.9. Limpieza durante la obra.**

Durante el curso del montaje de las instalaciones se evacuarán de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, como embalajes, retales de estructuras, conducciones, cables conductores y otros materiales.

#### **4.6.10. Ruidos y vibraciones.**

Toda instalación podrá funcionar, bajo cualquier condición de carga, sin producir ruidos ni vibraciones que puedan considerarse inaceptables o que rebasen los niveles máximos establecidos en este Reglamento.

Las correcciones que deban introducirse en los equipos para reducir su ruido o vibración se adecuarán a las recomendaciones del fabricante del equipo y no reducirán las necesidades mínimas especificadas en el Proyecto.



#### **4.6.11. Accesibilidad.**

Los elementos de medida, control, protección y maniobra se instalarán en lugares visibles y fácilmente accesibles, sin necesidad de desmontar ninguna parte de la instalación, particularmente cuando cumpla funciones de seguridad.

Los equipos que necesiten operaciones periódicas de mantenimiento se situarán en emplazamientos que permitan la plena accesibilidad de todas sus partes, ateniéndose a los requerimientos mínimos más exigentes entre los marcados por la Reglamentación vigente y las recomendaciones del fabricante.

Para aquellos equipos dotados de válvulas, compuertas, unidades terminales y elementos de control, que, por alguna razón, deban quedar ocultos, se preverá un sistema de acceso fácil por medio de puertas, mamparas, paneles u otros elementos. La situación exacta de estos elementos de acceso será suministrada durante la fase de montaje y quedará reflejada en los planos finales de la instalación

#### **4.7. CRITERIOS DE MEDICIÓN.**

##### **4.7.1. Generalidades.**

Siempre que, la Contrata, el Instalador o la Dirección facultativa, solicite la medición de las partidas que figuren en el Proyecto ésta se realizará conjuntamente con la Dirección de Facultativa y con arreglo a las bases que se indican a continuación:

- Las partidas especificadas como unidades en el Proyecto, serán medidas como tales.
- En el caso de partidas compuestas se tendrán en cuenta el número y la especificación de los elementos que, en el Proyecto, figuren para cada una de ellas. En el caso de que, por razones de ejecución o ampliación de las mismas, existan elementos diferentes a los del Proyecto, será la Dirección facultativa quien fije el precio de las mismas.
- La medición de todas aquellas partidas especificadas en el Proyecto y referidas a tuberías, conductos u otras, con unidades lineales se realizará a cinta corrida, sin efectuar ningún aumento por codos o derivaciones, a no ser que, por la peculiaridad de su trazado, la Dirección Facultativa considere los aumentos precisos.

##### **4.7.2. Medición y abono de las obras terminadas.**

Las unidades de obra totalmente terminadas y recepcionadas se medirán y abonarán de acuerdo al contrato de ejecución de las mismas.

La medición será realizada por la Dirección de Obra y tendrá lugar en presencia y con intervención del Contratista o de aquel en quien delegue, entendiéndose que éste



renuncia a tal derecho, si avisado oportunamente no compareciese a tiempo. En tal caso será válido el resultado que la Dirección consigne.

#### **4.7.3. Modificación y alteraciones del proyecto.**

Si antes de iniciar las obras o durante su ejecución se acordase introducir en el proyecto modificaciones que impongan aumento o reducción y aún supresión de las cantidades de obra o materiales previstas en el presupuesto, éstas serán obligatorias para el Contratista abonándosele en caso de aumento a los precios contratados y no teniendo derecho en caso de reducción o supresión a indemnización alguna.

#### **4.7.4. Vicios o defectos de construcción.**

Cuando la Dirección de Obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción, sea en el curso de la ejecución de las obras o antes de su recepción definitiva, se podrá ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria siendo los gastos de estas operaciones por cuenta del Contratista.

#### **4.7.5. Materiales sobrantes.**

La Propiedad no adquiere compromiso alguno ni obligación de comprar o conservar los materiales sobrantes después de haberse ejecutado las obras o los no empleados al declararse la rescisión del contrato.

#### **4.7.6. Reclamaciones.**

En el caso de que el Contratista formule reclamaciones contra las valoraciones efectuadas por la Dirección de Obra, ésta pasará dichas reclamaciones con su informe correspondiente, a la Propiedad, quien previos los asesoramientos que estime oportunos, resolverá como considere conveniente. Contra esta resolución caben los recursos propios de la vía administrativa.

### **4.8. CONSIDERACIONES GENERALES.**

#### **4.8.1. Subcontratos.**

Sin necesidad de especificación, vendrán comprendidas en el contrato las prestaciones auxiliares necesarias para la realización y determinación de la obra en conformidad al proyecto.

La utilización por el Contratista de prestaciones y servicios auxiliares por parte de terceros no implica conformidad con ellos ni subroga a éste de los derechos de aquel





Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

frente a la Propiedad, ni releva a dicho Contratista de sus obligaciones y responsabilidades.

El Adjudicatario realizará los trabajos con el personal necesario para el desarrollo del programa y plazos de la obra, mediante las relaciones de trabajo o vínculo profesional establecidos por la legislación vigente, que se entenderán concertadas entre aquel y éste con la total indemnidad del Ayuntamiento.

Las disposiciones sobre remuneración y demás condiciones de trabajo, seguridad e higiene y previsión laboral afectan inexcusablemente al Contratista, y su incumplimiento, a parte de la jurisdicción a quien corresponda su conocimiento, implicará las medidas que se reflejen en el contrato.

La subcontratación de una parte o la totalidad de la obra no podrá realizarse sin la debida revisión y autorización de ésta por parte de la Dirección Facultativa.

#### **4.8.2. Personal del contratista.**

El Contratista estará obligado a dedicar a las obras el personal técnico necesario. La Dirección Facultativa podrá prohibir la permanencia en las obras del personal del Contratista, por motivos de falta de obediencia y respeto o por otra causa de actos que comprometan la marcha de los trabajos.

Las instalaciones serán realizadas por empresas autorizadas por el Órgano competente, y acreditadas mediante la correspondiente Credencial del Instalador expedida por dicho Órgano.

Por parte de la empresa instaladora se controlará que los diversos trabajos y operaciones efectuados se ajusten a la Reglamentación técnica en vigor, así mismo emitirán los correspondientes Boletines de instalación suscritos por el instalador autorizado una vez realizadas las instalaciones y efectuadas las pruebas y ensayos reglamentarios.

#### **4.8.3. Libro de obra.**

Para una perfecta coordinación de la obra y para evitar dudas y malos entendidos, el Contratista tendrá a disposición de la Dirección Facultativa un Libro de Obra en el que se anotará en forma de diario la ejecución y las variaciones que en ella puedan ocurrir, firmado en cada visita de obra por la Dirección Facultativa y por parte del Contratista por el responsable de la obra. Este libro, será con páginas numeradas y selladas y permanecerá en la obra durante el tiempo de duración de la misma. En este, se anotarán todas las variaciones y modificaciones que surjan durante el desarrollo de la obra.

Cuando las modificaciones o variaciones se detallen en croquis o planos, éstos se fecharán y firmarán por ambas partes, además de indicarse en el mismo la página y correspondiente referencia del libro de obra.



#### **4.8.4. Plazo de ejecución de las obras.**

El plazo para la completa ejecución de las obras será el estipulado en la Memoria del Proyecto. Este plazo de ejecución total de las obras, así como los plazos parciales que se determinen en el Programa de Trabajo estarán de acuerdo con lo recogido en este Pliego.

#### **4.8.5. Permisos y licencias.**

El Contratista deberá estar en posesión de todos los permisos y licencias necesarios para la ejecución de las obras, cuyo coste deberá definirse entre las partes antes de la firma del contrato de la obra.

Salvo acuerdo entre las partes, correrán a cargo del contratista la confección de todos los documentos (proyecto, certificado y boletines) y trámites necesarios para la legalización de cada instalación ante la Delegación de Industria, debiendo gestionar las instancias de solicitud de aprobación y puesta en marcha necesarias. Las instalaciones no se considerarán concluidas hasta que dichos trámites estén totalmente cumplimentados.

#### **4.8.6. Señalización de las obras.**

Todas las obras deberán estar perfectamente delimitadas, tanto frontal como longitudinalmente, mediante vallas u otros elementos análogos de características adecuadas, de forma que cierren totalmente las zonas de trabajo. Deberá protegerse del modo indicado cualquier obstáculo en aceras o calzadas, para libre y segura circulación de peatones y vehículos, tales como montones de escombros; materiales para la reconstrucción del pavimento, zanjas abiertas, maquinaria y otros elementos. Cuando sea necesario se colocarán los discos indicadores reglamentarios.

#### **4.8.7. Precaución contra incendios.**

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes para la prevención y control de incendios. En todo caso adoptará las medidas necesarias para evitar que se enciendan fuegos innecesarios y será responsable de la propagación de los que se requiera para la ejecución de las obras, así como los daños y perjuicios que por tal motivo se produzcan.

#### **4.8.8. Responsabilidad del contratista en la ejecución de las obras.**

El Contratista será responsable durante la ejecución de las obras de todos los daños y perjuicios, directos o indirectos que se puedan ocasionar a cualquier persona, propiedad o servicio público o privado, como consecuencia de los actos, u omisiones o negligencias del personal a su cargo o de una deficiente organización de las obras.



Durante el período garantía será responsable de los perjuicios que puedan derivarse de materiales o trabajos incorrectos.

Las personas que resulten perjudicadas deberán ser compensadas a su costa, adecuadamente.

Los servicios o propiedades públicos o privados que resulten dañados deberían ser reparados a su costa, restableciendo sus condiciones primitivas o compensando los daños o perjuicios causado, en cualquier forma aceptable.

Así mismo, el Contratista será responsable de todos los objetos que se encuentren o descubran durante la ejecución de las obras, debiendo dar inmediatamente cuenta de los hallazgos a la Dirección Facultativa de las mismas y colocarlos bajo su custodia.

#### **4.8.9. Conservación de paisaje.**

El Contratista prestará especial atención al efecto que puedan tener las distintas operaciones e instalaciones que necesiten realizar para la ejecución del Contrato, sobre la estética y ecología de las zonas en que se hallan las obras.

En tal sentido, cuidará de los árboles, hitos, vallas pretils y demás elementos que puedan ser dañados durante las obras, para que sean debidamente protegidos en evitación de posibles destrozos que, de producirse, serán restaurados a su costa.

Asimismo, cuidará del emplazamiento y sentido estético de sus instalaciones, construcciones, depósitos y acopios que en todo caso deberán ser previamente autorizados por la Dirección Facultativa.

#### **4.8.10. Limpieza final de las obras.**

Una vez que las obras se hayan terminado, todas las instalaciones, depósitos de materiales, casetas de obra, vestuarios, infraestructuras energéticas, edificaciones, que con carácter temporal hayan dado servicio a la obra deberán ser desmontados, y los lugares de su emplazamiento restaurados a su estado original.

Todo se ejecutará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas acorde con el paisaje circundante.

Estos trabajos se considerarán incluidos en el contrato, y por tanto, no serán objeto de abono aparte por su realización.

#### **4.8.11. Gastos de carácter general a cargo del contratista.**

Serán de cuenta del Contratista los gastos que originen el replanteo de las obras o su comprobación y los replanteos parciales de las mismas, los de construcción, desmontado y retirada de toda clase de construcciones auxiliares; los de alquiler o adquisición de terrenos para depósitos de maquinaria y materiales, lo de protección de



acopios y de la propia obra, para el almacenamiento de explosivos y carburantes, los de limpieza y evacuación de desperdicios y basuras, lo de construcción y conservación, durante el plazo de utilización de pequeñas rampas y provisionales de acceso y los de conservación de desagües.

Los de suministro, colocación de las señales y demás recursos necesarios para proporcionar dentro de las obras, los de remoción de las instalaciones, herramientas, materiales y limpieza en general de la obra a su terminación; los de montaje, conservación y retirada de instalaciones para el suministro de agua y energía eléctrica necesaria para las obras, así como la adquisición de dichas aguas y energía; los de demolición de las instalaciones provisionales, los de retirada de los materiales, los de retirada de materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por correspondientes ensayos y pruebas, incluidas éstas últimas.

En caso de rescisión del contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del Contratista, los gastos originados por la liquidación, los de retirada de los medios auxiliares empleados, o no, para la ejecución de las obras, así como los ensayos y comprobaciones necesarias para poder valorar la cantidad y calidad de las instalaciones realizadas.

#### **4.8.12. Pruebas y puesta en marcha.**

La Empresa instaladora dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación.

Las pruebas parciales estarán precedidas por una comprobación de los materiales en el momento de su recepción en obra.

Una vez que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo con las especificaciones del Proyecto, se realizarán como mínimo las pruebas finales de funcionamiento del conjunto de la instalación, independientemente de aquellas otras que considere necesarias la Dirección Facultativa.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia de la Dirección Facultativa o de la persona en quien delegue, debiendo dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados, cuando sean satisfactorios.

#### **4.8.13. Certificado de la instalación.**

Para la puesta en funcionamiento de las instalaciones será necesaria la autorización del Organismo Territorial competente (si fuera necesario), para lo que se presentará, ante el mismo, la documentación pertinente a cargo de la Empresa instaladora, provista de carné, que haya realizado el montaje.

El Certificado de las instalaciones tendrá, como mínimo, el contenido del modelo recomendado por el Organismo Territorial competente. En el Certificado se expresará que las instalaciones han sido ejecutadas de acuerdo con el Proyecto presentado y



registrado por el Organismo Territorial competente y que cumplen con los requisitos exigidos en este Reglamento y en sus Instrucciones Técnicas. Se harán constar, también, los resultados de las pruebas a que hubiese lugar.

#### **4.8.14. Recepción.**

Terminadas las obras y como requisito previo a la recepción de las mismas, la Dirección Facultativa, procederá a realizar los ensayos y medidas necesarios para comprobar que los resultados y condiciones de la instalación son satisfactorios. Si los resultados no fuesen satisfactorios, el Contratista realizará cuantas operaciones y modificaciones sean necesarias para lograrlos.

Obtenidos los resultados satisfactorios, se procederá a la redacción y firma del documento de recepción, al que se acompañarán dos actas firmadas por la Dirección Facultativa y visadas por el Colegio Oficial correspondiente.

#### **4.8.15. Plazo de garantía.**

A partir de la fecha de recepción de las obras, comenzará a contarse el plazo de garantía, que será de UN (1) AÑO, durante el cual el Contratista vendrá obligado a conservar la instalación en perfectas condiciones de funcionamiento y seguridad, reponiendo los materiales defectuosos deteriorados y rotos o sustituidos por terceros y de los accidentes o perjuicios que puedan producirse.

Si en el plazo requerido no son reparadas las anomalías existentes se podrá encargar su reparación a otro contratista y descontar el valor de ellas de las retenciones practicadas.

#### **4.8.16. Otras condiciones.**

Se cumplirán cuantas disposiciones de tipo legal referente a la remuneración y Seguros Sociales de mano de obra y protección de la Industria Nacional y de cualquier otro orden, que sean aplicables a las obras que se van a ejecutar.

Para la ubicación de los límites de las nuevas infraestructuras a instalar y visualizar los servicios afectados ya existentes, se requiere que el licitante realice una visita a la zona de trabajo y que este asuma los inconvenientes y limitaciones existentes para realizar todos los trabajos solicitados y definidos detalladamente en otro apartado del presente documento. Estas limitaciones y servicios afectados no eximirán al instalador del cumplimiento de las obligaciones adquiridas para a realizar los trabajos consultados, ni supondrán desviación económica adicional alguna sobre la oferta presentada.

Asimismo, se debe considerar que las instalaciones existentes deben mantenerse en servicio durante la ejecución de los trabajos coordinando con la Propiedad los



momentos de parada mínimos necesarios para evitar afectar al suministro de electricidad.

Boo de Piélagos, 2 de Septiembre de 2.021

Fdo.: César Blanco Portilla



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGIA

GRADO EN INGENIERÍA DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS

---

Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.



## **5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**





## 5.1. INTRODUCCIÓN.

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las previsiones, respecto a prevención de riesgos y accidentes profesionales, así como los servicios sanitarios comunes a los trabajadores, durante la ejecución de los trabajos proyectados.

Servirá para marcar las directrices básicas a la empresa contratista para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales facilitando su desarrollo bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de octubre de 1997 que establece las Disposiciones Mínimas en materia de Seguridad y Salud.

## 5.2. OBLIGACIONES Y COMPROMISOS.

### 5.2.1. Respecto a los deberes del empresario y del trabajador.

En el Capítulo III de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Artículos 14 y 17, se establece que:

- Los trabajadores tendrán derecho a una protección eficaz en materia de Seguridad y Salud en el trabajo. El citado derecho supone la existencia de un correlativo deber del empresario respecto a la protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales. Este deber de protección constituye, igualmente, un deber de las Administraciones Públicas en referencia al personal a su servicio. Los derechos de información, consulta y participación, formación en materia preventiva, paralización de la actividad en caso de riesgo grave e inminente y vigilancia de su estado de salud, en los términos previstos en la presente Ley, forman parte del derecho de los trabajadores a una protección eficaz en materia de Seguridad y Salud en el trabajo.
- En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar la Seguridad y la Salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo.
- A estos efectos, en el marco de sus responsabilidades, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos correspondientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta y participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente, vigilancia de la salud, y mediante la constitución de una organización y de los medios necesarios en los términos establecidos en el Capítulo IV de la presente Ley.
- El empresario desarrollará una acción permanente con el fin de perfeccionar los niveles de protección existentes y dispondrá lo necesario para la adaptación de las medidas de prevención señaladas en el párrafo anterior a las modificaciones



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

que puedan experimentar las circunstancias que incidan en la realización del trabajo.

- El empresario deberá cumplir las obligaciones establecidas en la Normativa sobre prevención de riesgos laborales.
- Las obligaciones de los trabajadores establecidas en esta Ley, la atribución de funciones en materia de protección y prevención a trabajadores o Servicios de la empresa y el recurso al concierto con entidades especializadas para el desarrollo de actividades de prevención complementarán las acciones del empresario, sin que por ello le eximan del cumplimiento de su deber en esta materia y sin perjuicio de las acciones que pueda ejercitar, en su caso, contra cualquier otra persona.
- El coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud en el trabajo no deberá recaer, en modo alguno, sobre los trabajadores.

### **5.2.2. Respecto a los equipos de trabajo y medios de protección.**

El empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que los equipos de trabajo sean adecuados para los trabajos, que deban realizarse, estando adaptados a tal efecto de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizarlos. Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario, adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores, específicamente, capacitados para ello.
- El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos cuando, por la naturaleza de los trabajos realizados, sean necesarios. Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos, o procedimientos de organización del trabajo.

### **5.3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ACCION PREVENTIVA.**

De acuerdo con los Arts. 15 y 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se establece que, el empresario, aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en el capítulo anterior, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.



- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

El empresario tomará en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y de salud en el momento de encomendarles las tareas y adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que, sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada, puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.

La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su adopción se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas las cuales, sólo, podrán adoptarse cuando la magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras.

Podrán concertar operaciones de seguro que tengan como fin garantizar, como ámbito de cobertura, la previsión de riesgos derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto a ellos mismos y las sociedades cooperativas respecto a sus socios cuya actividad consista en la prestación de su trabajo personal.

## **5.4. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.**

### **5.4.1. Descripción de los trabajos.**

Los trabajos consisten en la instalación de una central solar fotovoltaica de autoconsumo de 50 kW de potencia nominal, cuyos módulos se instalarán en la cubierta del pabellón Fernando Expósito de Renedo de Piélagos.

Los trabajos a ejecutar son los siguientes:

- Montaje de la estructura soporte.
- Montaje y conexionado eléctrico de los módulos solares.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- Cableado eléctrico hasta ubicación del inversor solar.
- Instalación de inversores solares, armarios de protección y conexionado eléctrico general.

#### **5.4.2. Plazo de ejecución y mano de obra.**

El plazo que se fija para la terminación de las obras comprendidas en el presente Proyecto es de 10 días hábiles.

Dadas las características de la obra, se prevé un número máximo en la misma de 4 operarios.

#### **5.4.3. Riesgos en la obra.**

##### *5.4.3.1. Montaje de las instalaciones eléctricas.*

##### Riesgos detectables.

Los riesgos detectables, durante el montaje de la instalación, son:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Cortes por manejo de las guías y conductores.
- Golpes por herramientas manuales.
- Otros.

Los riesgos detectables, más comunes, durante las pruebas de conexionado y puesta en servicio de la instalación son:

- Electrocución o quemaduras por la mala protección de cuadros eléctricos.
- Electrocución o quemaduras por maniobras incorrectas en las líneas.
- Electrocución o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.
- Electrocución o quemaduras por puenteo de los mecanismos de protección, como son disyuntores, diferenciales u otros.
- Electrocución o quemaduras por conexionados directos sin clavijas macho-hembra.
- Otros.

##### Normas preventivas.

Las normas, o medida preventivas tipo, que deberán aplicarse son las siguientes:

- En la fase de obra de apertura y cierre de rozas, se esmerará el orden y la limpieza de la obra, para evitar los riesgos de pisadas o tropezones.
- La iluminación en los tajos no será inferior a los 100 lux, medidos a 2 m del suelo.



- La iluminación, mediante portátiles, se efectuará utilizando portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 voltios.
- Se prohibirá el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- Las escaleras de mano a utilizar serán del tipo tijera dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas.
- Se prohibirá la formación de andamios utilizando escaleras de mano a modo de borriquetas, para evitar los riesgos por trabajos sobre superficies inseguras y estrechas.
- Se prohibirá en general, en esta obra, la utilización de escaleras de mano o de andamios sobre borriquetas, en lugares con riesgo de caída desde altura durante los trabajos de electricidad, si antes no se hubieran instalado las protecciones de seguridad adecuadas.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores, estarán protegidas con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas, para evitar accidentes.
- Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Antes de hacer entrar en servicio las celdas de transformación se procederá a comprobar la existencia real, en la sala, de la banqueta de maniobras, pérdidas de maniobra, extintores de polvo químico seco y botiquín y que los operarios se encuentran vestidos con las prendas de protección personal. Una vez comprobados estos puntos, se procederá a dar la orden de entrada en servicio.

#### Prendas de protección personal.

Las prendas de protección personal recomendables son:

- Casco de polietileno, para utilizarlo durante los desplazamientos por la obra y en lugares con riesgo de caída de objetos o de golpes.
- Botas aislantes de electricidad.
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad.
- Banqueta de maniobra.
- Alfombra aislante.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.



#### 5.4.3.2. *Montaje en locales interiores.*

##### Generalidades.

Se considerarán locales interiores los siguientes recintos:

- Garajes.
- Plantas diversas.
- Escaleras.

##### Normas preventivas.

Además de las medidas propias de seguridad, en función de la actividad que se realice en el interior del local, se preverá, con carácter general, para cualquier caso:

- Una ventilación natural adecuada para los trabajos de mantenimiento.
- Mantener el orden y la limpieza, para evitar los riesgos de pisadas o tropezones.
- Una iluminación no inferior a los 100 lux, medidos a 2 m del suelo.
- Cuando la iluminación se realice mediante portátiles, se efectuará utilizando portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla.
- Las escaleras de mano serán del tipo tijera dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas.
- Se controlará la dirección de la llama durante las operaciones de soldadura en evitación de incendios.
- Los andamios, utilizados durante las operaciones de mantenimiento y reparación de locales interiores, seguirán las prescripciones dictadas para los mismos en este estudio de seguridad.

##### Prohibiciones.

Expresamente, se prohibirá:

- El conexionado de cables, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- La formación de andamios utilizando escaleras de mano a modo de borriquetas, para evitar los riesgos por trabajos sobre superficies inseguras y estrechas.
- La utilización de escaleras de mano o de andamios sobre borriquetas, en lugares con riesgo de caída desde altura durante los trabajos de electricidad, si antes no se hubieran instalado las protecciones de seguridad adecuadas.
- Arrojar escombros fuera de las canalizaciones habilitadas a tal fin, durante el desarrollo de toda la obra.
- El uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.
- El abandono de los mecheros y sopletes encendidos.



- Al finalizar la jornada, se prohibirá abandonar en el suelo, cuchillas, herramientas, grapadoras, y demás maquinaria manual, para evitar los accidentes por pisadas sobre objetos.

5.4.3.3. *Montaje de componentes. estructura, módulos solares, fijaciones, inversores solares.*

Riesgos detectables.

Los riesgos detectables, durante el montaje de la instalación, son:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de materiales izados.
- Corte en las manos por objetos y herramientas.
- Atrapamiento entre piezas pesadas.
- Explosión del soplete o de la bombona de gas licuado.
- Los inherentes a la utilización de soldadura eléctrica, oxiacetilénica y oxicorte.
- Pisada sobre materiales.
- Sobreesfuerzo.
- Otros.

Normas preventivas.

Las normas, o medidas preventivas tipo, que deberán aplicarse son las siguientes:

- Solo el personal autorizado será el encargado de la utilización de una determinada máquina o máquina-herramienta.
- Las máquinas que no sean de sustentación manual se apoyaran siempre sobre elementos nivelados y firmes.
- La elevación o descenso a máquina de objetos, se efectuará lentamente, izándolos en directriz vertical. Se prohíben los tirones inclinados.
- Los ganchos de cuelgue de los aparatos de izar quedarán libres de cargas durante las fases de descenso.
- Las cargas en transporte suspendido estarán siempre a la vista, con el fin de evitar los accidentes por falta de visibilidad de la trayectoria de la carga.
- Los ángulos sin visión de la trayectoria de carga, se suplirán mediante operarios que utilizando señales preacordadas suplan la visión del citado trabajador.
- Se prohíbe la permanencia o el trabajo de operarios en zonas bajo la trayectoria de cargas suspendidas.
- Los aparatos de izar a emplear en esta obra, estarán equipados con limitador de recorrido del carro y de los ganchos, carga punta giro por interferencia.





Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedaran interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los señalados para ello, por el fabricante de la máquina.
- Los motores eléctricos de grúas y de los montacargas estarán provistos de limitadores de altura y del peso a desplazar, que automáticamente corten el suministro eléctrico al motor cuando se llegue al punto en el que se debe detener el giro o desplazamiento de la carga.
- Los cables de izado y sustentación a emplear en los aparatos de elevación y transportes de cargas en esta obra, estarán calculados expresamente en función de los solicitados para los que se los instala.
- La sustitución de cables deteriorados se efectuará mediante mano de obra especializada, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Se dispondrá un extintor de polvo químico seco.
- La iluminación eléctrica de los tajos, será de un mínimo de 100 lux medidos a una altura sobre el nivel del pavimento, en torno a los 2 m.
- La iluminación eléctrica mediante portátiles estará protegida con mecanismos estancos de seguridad provistos de mango aislante y rejilla de protección de la bombilla.
- Se prohibirá el uso de mecheros y sopletes encendidos junto a materiales inflamables.
- Se controlará la dirección de la llama durante las operaciones de soldadura como prevención de incendios.
- Las botellas o bombonas de gases licuados, se transportarán y permanecerán en los carros portabotellas.
- Se evitará soldar, o utilizar el oxicorte, con las botellas o bombonas de gases licuados expuestas al sol.

Prendas de protección personal.

Las prendas de protección personal recomendables son:

- Casco de polietileno para el tránsito por obra.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Mandil de cuero.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de goma o de P.V.C. Además, en el tajo de soldadura, se usará:
- Gafas de soldador; siempre el ayudante.
- Yelmo de soldador.
- Pantalla de soldadura de mano.
- Mandil de cuero.
- Muñequeras de cuero que cubran los brazos.
- Manoplas de cuero.



- Polainas de cuero.

#### 5.4.3.4. Medios auxiliares.

##### 5.4.3.4.1. Andamios en general.

#### Riesgos detectables.

Los riesgos detectables, más comunes, son:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel, al entrar o al salir.
- Desplome del andamio.
- Desplome o caída de objetos como tablones, herramientas o materiales.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamientos.
- Otros.

#### Normas preventivas.

Las normas, o medidas preventivas tipo, que deberán aplicarse son las siguientes:

- Los andamios, siempre, se arriostrarán para evita los movimientos indeseables que pueden hacer perder el equilibrio a los trabajadores.
- Antes de subirse a una plataforma andamiada deberá revisarse toda su estructura para evitar las situaciones inestables.
- Los tramos verticales, como módulos o pies derechos, de los andamios se apoyarán sobre tablones de reparto de cargas.
- Los pies derechos de los andamios, en las zonas de terreno inclinado, se suplementarán mediante tacos o porciones de tablón, trabadas entre sí y recibidas al durmiente de reparto.
- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm de anchura y estarán, firmemente, ancladas a los apoyos de tal forma que se eviten los movimientos por deslizamiento o vuelco.
- Las plataformas de trabajo, independientemente de la altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, barras o listones intermedios y rodapiés.
- Las plataformas de trabajo permitirán la circulación e intercomunicación necesaria para la realización de los trabajos.
- Los tablones que formen las plataformas de trabajo estarán sin defectos visibles, con buen aspecto y sin nudos que mermen su resistencia. Estarán limpios de tal forma que puedan apreciarse los defectos por uso, siendo su canto de 7 cm, como mínimo.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- Se prohibirá abandonar, en las plataformas sobre los andamios, materiales o herramientas que puedan caer sobre las personas, o hacerles tropezar y caer al caminar sobre ellas.
- Se prohibirá arrojar escombros, directamente, desde los andamios. El escombros se recogerá y se descargará de planta en planta, o bien se verterá a través de trompas.
- Se prohibirá fabricar morteros o asimilables, directamente, sobre las plataformas de los andamios.
- La distancia de separación de un andamio y el paramento vertical de trabajo no será superior a 30 cm en prevención de caídas.
- Se prohibirá, expresamente, correr por las plataformas sobre andamios para evitar los accidentes por caída.
- Se prohibirá saltar de la plataforma andamiada al interior del edificio; el paso se realizará mediante una pasarela instalada para tal efecto.
- Los andamios se inspeccionarán, diariamente, por el Capataz, Encargado o Servicio de Prevención, antes del inicio de los trabajos, para prevenir fallos o faltas de medidas de seguridad.
- Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de inmediato para su reparación o sustitución.
- Los reconocimientos médicos previos para la admisión del personal que deba trabajar sobre los andamios de esta obra, intentarán detectar aquellos trastornos orgánicos como son vértigo, epilepsia, trastornos cardíacos u otros, que puedan padecer y provocar accidentes al operario. Los resultados de los reconocimientos se presentarán al Coordinador de Seguridad y Salud en ejecución de obra.

Prendas de protección personal.

Las prendas de protección personal recomendables son:

- Casco de polietileno, preferible con barbuquejo.
- Botas de seguridad, según casos.
- Calzado antideslizante, según casos.
- Cinturón de seguridad clases A y C.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para ambientes lluviosos.

5.4.3.4.2. Andamios de borriquetas.

Estarán formados por un tablero horizontal de 60 cm de anchura mínima, colocados sobre dos apoyos en forma de V invertida.

Riesgos detectables.



Los riesgos detectables, más comunes, son:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Golpes o aprisionamientos durante las operaciones de montaje y desmontaje.
- Los derivados del uso de tablonos y madera de pequeña sección o en mal estado como roturas, fallos, cimbreos u otros.

#### Normas preventivas.

Las normas, o medidas preventivas tipo, que deberán aplicarse son las siguientes:

- Las borriquetas, siempre, se montarán perfectamente niveladas, para evitar los riesgos por trabajar sobre superficies inclinadas.
- Las borriquetas de madera, estarán sanas, perfectamente encoladas y sin oscilaciones, deformaciones y roturas, para eliminar los riesgos por fallo, rotura espontánea y cimbreo.
- Las plataformas de trabajo se anclarán, perfectamente, a las borriquetas, en evitación de balanceos y otros movimientos indeseables.
- Las plataformas de trabajo no sobresaldrán por los laterales de las borriquetas más de 40 cm para evitar el riesgo de vuelcos por basculamiento.
- Las borriquetas no estarán separadas, a ejes, entre sí más de 2,50 m para evitar las grandes flechas, indeseables para las plataformas de trabajo, ya que aumentan los riesgos al cimbrear.
- Los andamios se formarán sobre un mínimo de dos borriquetas. Se prohibirá, expresamente, la sustitución de éstas o de alguna de ellas, por bidones, pilas de materiales y asimilables, en evitación de situaciones inestables.
- En los andamios sobre borriquetas, sólo, se mantendrá el material estrictamente necesario y repartido uniformemente por la plataforma de trabajo para evitar las sobrecargas que mermen la resistencia de los tablonos.
- Las borriquetas metálicas de sistema de apertura de cierre o tijera, estarán dotadas de cadenas limitadoras de la apertura máxima, tales, que garanticen su perfecta estabilidad.
- Las plataformas de trabajo sobre borriquetas tendrán una anchura, mínima, de 60 cm con tres tablonos trabados entre sí, siendo el grosor del mismo de 7 cm, como mínimo.
- Los andamios sobre borriquetas, independientemente de la altura a que se encuentre la plataforma, estarán recercados de barandillas sólidas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, listones intermedios y rodapiés.
- Las borriquetas metálicas, para sustentar plataformas de trabajo ubicadas a 2 o más metros de altura, se arriostrarán entre sí mediante cruces de San Andrés, para evitar los movimientos oscilatorios que hagan el conjunto inseguro.
- Los trabajos en andamios sobre borriquetas en los balcones, tendrán que ser protegidos del riesgo de caída desde altura.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- Se prohibirá formar andamios sobre borriquetas metálicas simples cuyas plataformas de trabajo deban ubicarse a 6,00 o más metros de altura.
- Se prohibirá trabajar sobre escaleras o plataformas sustentadas en borriquetas, apoyadas a su vez, sobre otro andamio de borriquetas.
- La madera a emplear será sana, sin defectos ni nudos a la vista, para evitar los riesgos por rotura de los tablones que formen una superficie de trabajo.

Prendas de protección personal.

Serán preceptivas utilizar las prendas en función de las tareas específicas a desempeñar. No obstante, durante las tareas de montaje y desmontaje se recomienda el uso de:

- Cascos.
- Guantes de cuero.
- Calzado antideslizante.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad clase C.

5.4.3.4.3. Andamios metálicos tubulares.

Se deberá considerar para decidir la utilización, o no, de este medio auxiliar, que el andamio metálico tubular esté comercializado con todos los sistemas de seguridad que lo hagan seguro como son escaleras, barandillas, pasamanos, rodapiés, superficies de trabajo, bridas y pasadores de anclaje de los tablones y otros.

Riesgos detectables.

Los riesgos detectables, más comunes, son:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Atrapamientos durante el montaje.
- Caída de objetos.
- Golpes por objetos.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

Normas preventivas.

Durante el montaje de los andamios metálicos tubulares, se tendrán presentes las siguientes especificaciones preventivas:



- No se iniciará un nuevo nivel sin, antes, haber concluido el nivel de partida con todos los elementos de estabilidad como son las cruces de San Andrés y los arriostramientos.
- La seguridad alcanzada en el nivel de partida, ya consolidada, será tal que ofrecerá las garantías necesarias como para poder amarrar a él el fiador del cinturón de seguridad.
- Las barras, módulos tubulares y tablones, se izarán mediante sogas de cáñamo de Manila atadas con nudos de marinero o mediante eslingas normalizadas.
- Las plataformas de trabajo se consolidarán, inmediatamente, tras su formación mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos o los arriostramientos correspondientes.
- Las uniones entre tubos se efectuarán mediante nudos o bases metálicas o, bien, mediante las mordazas y pasadores previstos, según los modelos comercializados.
- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm de anchura.
- Las plataformas de trabajo se limitarán delantera, lateral y posteriormente, por un rodapié de 15 cm.
- Las plataformas de trabajo tendrán montadas, sobre la vertical del rodapié posterior, una barandilla sólida de 90 cm de altura, formada por pasamanos, listones intermedios y rodapiés.
- Las plataformas de trabajo se inmovilizarán mediante las abrazaderas y pasadores clavados a los tablones.
- Los módulos de fundamento de los andamios tubulares estarán dotados de las bases nivelables sobre tornillos sin fin, husillos de nivelación, con el fin de garantizar una mayor estabilidad del conjunto.
- Los módulos de base de los andamios tubulares se apoyarán sobre tablones de reparto de cargas en las zonas de apoyo directo sobre el terreno.
- Los módulos de base de diseño especial para el paso de peatones se complementarán con entablados y viseras seguras, a nivel de techo, en prevención de golpes a terceros.
- La comunicación vertical del andamio tubular quedará resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas como elementos auxiliares del propio andamio.
- Se prohibirá, expresamente en esta obra, el apoyo de los andamios tubulares sobre suplementos formados por bidones, pilas de materiales diversos, torretas de maderas diversas y asimilables.
- Las plataformas de apoyo de los tornillos sin fin, husillos de nivelación, de base de los andamios tubulares dispuestos sobre tablones de reparto, se clavarán a éstos con clavos de acero, hincados a fondo y sin doblar.
- Se prohibirá trabajar sobre plataformas dispuestas sobre la coronación de andamios tubulares si, antes, no se hubieran cercado con barandillas sólidas de 90 cm de altura formadas por pasamanos, barras intermedias y rodapiés.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- Todos los componentes de los andamios deberán mantenerse en buen estado de conservación desechándose aquellos que presenten defectos, golpes o acusada oxidación.
- Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral se montarán con ésta hacia la cara exterior, es decir, hacia la cara en la que no se trabaje.
- Es práctica corriente el montaje de revés de los módulos, en función de la operatividad que representa, la posibilidad de montar la plataforma de trabajo sobre determinados peldaños de la escalerilla. Evite estas prácticas por inseguras.
- Se prohibirá, en esta obra, el uso de andamios sobre borriquetas o pequeñas borriquetas, apoyadas sobre las plataformas de trabajo de los andamios tubulares.
- Los andamios tubulares se montarán a una distancia igual o inferior a 30 cm del paramento vertical en el que se trabaje.
- Los andamios tubulares se arriostrarán a los paramentos verticales, anclándolos sólidamente a los puntos fuertes de seguridad previstos en fachadas o paramentos.
- Las cargas se izarán hasta las plataformas de trabajo mediante garruchas montadas sobre horcas tubulares sujetas por, un mínimo, de dos bridas al andamio tubular.
- Se prohibirá hacer pastas, directamente, sobre las plataformas de trabajo en prevención de crear superficies resbaladizas que pueden hacer caer a los trabajadores.
- Los materiales se repartirán, uniformemente, sobre las plataformas de trabajo en prevención de accidentes por sobrecargas innecesarias.
- Los materiales se repartirán, uniformemente, sobre un tablón ubicado a media altura en la parte posterior de la plataforma de trabajo, sin que su existencia merme la superficie útil de la plataforma.

Prendas de protección personal:

Las prendas de protección personal recomendables son:

- Casco de polietileno, preferible con barbuquejo.
- Ropa de trabajo.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad clase C.

5.4.3.4.4. Andamios metálicos sobre ruedas.

Se entiende como un medio auxiliar conformado por un andamio metálico tubular instalado sobre ruedas en vez de sobre husillos de nivelación y apoyo. Este elemento se utilizará en trabajos que requieran el desplazamiento del andamio.





#### Riesgos detectables:

- Los riesgos detectables, más comunes, son:
- Caídas a de personas distinto nivel.
- Los derivados de los desplazamientos incontrolados del andamio.
- Aplastamientos y atrapamientos durante el montaje.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

#### Normas preventivas.

Las normas, o medidas preventivas tipo, que deberán aplicarse son las siguientes:

- Las plataformas de trabajo se consolidarán, inmediatamente, tras su formación mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos.
- Las plataformas de trabajo, sobre las torretas con ruedas, tendrán una anchura máxima no inferior a 60 cm que permita la estructura del andamio, con el fin de hacerlas más seguras y operativas.
- Las torretas, o andamios sobre ruedas de esta obra, cumplirán, siempre, con la expresión  $h/l$  mayor o igual a 3 siendo  $h$  la altura de la plataforma de la torreta y  $l$  la anchura menor de la plataforma en planta, con el fin de disponer de un coeficiente de estabilidad y, por consiguiente, de seguridad.
- En la base, a nivel de las ruedas, se montarán dos barras de seguridad en diagonal para hacer el conjunto indeformable y más estable.
- Por cada dos bases montadas en altura se instalará, de forma alternativa vista en planta, una barra diagonal de estabilidad.
- Las plataformas de trabajo montadas sobre andamios con ruedas se limitarán, en todo su contorno, con una barandilla sólida de 90 cm de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié.
- La torreta sobre ruedas será arriostrada, mediante barras, a puntos fuertes de seguridad en prevención de movimientos indeseables durante los trabajos que puedan hacer caer a los trabajadores.
- Las cargas se izarán hasta la plataforma de trabajo mediante garruchas montadas sobre horcas tubulares sujetas, con un mínimo de dos bridas, al andamio o torreta sobre ruedas, en prevención de vuelcos de la carga o del sistema.
- Se prohibirá hacer pastas, directamente, sobre las plataformas de trabajo en prevención de crear superficies resbaladizas que puedan originar caídas de los trabajadores.
- Los materiales se repartirán, uniformemente, sobre las plataformas de trabajo en prevención de sobrecargas que pudieran originar desequilibrios o balanceos.
- Se prohibirá, en esta obra, trabajar o permanecer a menos de cuatro metros de las plataformas de los andamios sobre ruedas, en prevención de accidentes.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- Se prohibirá arrojar, directamente, escombros desde las plataformas de los andamios sobre ruedas. Los escombros y asimilables se descargarán en el interior de cubos.
- Se prohibirá transportar personas o materiales sobre las torretas o andamios sobre ruedas durante las maniobras de cambio de posición en prevención de caídas de los operarios.
- Se prohibirá subir a realizar trabajos en plataformas de andamios o torretas metálicas apoyados sobre ruedas, sin haber instalado, previamente, los frenos antirrodadura de las ruedas.
- Se prohibirá, en esta obra, utilizar andamios o torretas sobre ruedas apoyados, directamente, sobre soleras no firmes como son tierras, pavimentos frescos, jardines y asimilables, en prevención de vuelcos.

Prendas de protección personal.

Las prendas de protección personal recomendables son:

- Casco de polietileno, preferible con barbuquejo.
- Ropa de trabajo.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad.

Para el montaje se utilizarán, además:

- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Cinturón de seguridad clase C.

5.4.3.4.5. Escaleras de mano.

Este medio auxiliar está presente, en todas las obras, sea cual sea su entidad.

Suele ser objeto de prefabricación rudimentaria, en especial, al comienzo de la obra o durante la fase de estructura. Estas prácticas son contrarias a la Seguridad por lo que deberán impedirse.

Riesgos detectables.

Los riesgos detectables, más comunes, son:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Deslizamiento por incorrecto apoyo como falta de zapatas u otros.
- Vuelco lateral por apoyo irregular.



- Rotura por defectos ocultos.
- Los derivados de los usos inadecuados o de los montajes peligrosos como son el empalme de escaleras, formación de plataformas de trabajo y escaleras cortas para la altura a salvar.
- Otros.

#### Normas preventivas.

Las normas o medidas preventivas tipo son:

#### DE APLICACION AL USO DE ESCALERAS DE MADERA

- Los largueros serán de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.
- Los peldaños, travesaños de madera, estarán ensamblados.
- Estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos.

#### DE APLICACION AL USO DE ESCALERAS METÁLICAS.

- Los largueros serán de una sola pieza y no tendrán deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Estarán pintadas con pintura antioxidante que las preserven de las agresiones de la intemperie.
- No estarán suplementadas con uniones soldadas. DE APLICACION AL USO DE ESCALERAS DE TIJERA.
- Serán de aplicación las condiciones enunciadas en los apartados anteriores para las calidades de madera o metal.
- Estarán dotadas, en su articulación superior, de topes de seguridad de apertura.
- Irán provistas, hacia la mitad de su altura, de cadenilla o cable de acero de limitación de apertura máxima.
- Se utilizarán, siempre, como tales abriendo ambos largueros para no mermar su seguridad.
- Las escaleras de tijera, en posición de uso, estarán montadas con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar su seguridad.
- Nunca se utilizarán a modo de borriquetas para sustentar las plataformas de trabajo.
- No se utilizarán si la posición necesaria sobre ellas, para realizar un determinado trabajo, obligue a colocar los pies en los tres últimos peldaños.
- Se utilizarán montadas, siempre, sobre pavimentos horizontales. DE APLICACION AL USO DE ESCALERAS DE MANO EN GENERAL.
- Estarán dotadas, en su extremo inferior, de zapatas antideslizantes de seguridad.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- Deberán amarrarse, firmemente por su extremo superior, al objeto o estructura al que den acceso, sobrepasando, en 1 m, la altura a salvar.
- Se instalarán de tal forma que, su apoyo inferior, diste de la proyección vertical del superior 1/4 de la longitud del larguero entre apoyos.
- El acceso de los operarios a través de las escaleras de mano, se realizará de uno en uno.
- El ascenso, descenso y trabajo a través de las escaleras de mano, de esta obra, se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los peldaños que se estén utilizando.
- Se prohibirá la utilización de escaleras de mano para salvar alturas superiores a 5 m.
- No se permitirá transportar pesos a mano o a hombro, iguales o superiores a 25 Kg sobre las escaleras de mano.
- Se prohibirá apoyar su base en lugares u objetos poco firmes que pueden mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- Se prohibirá la utilización simultánea de la escalera a dos o más operarios.

#### Prendas de protección personal.

Las prendas de protección personal recomendables son:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad clase A o C.

#### *5.4.3.5. Máquina-herramienta y herramientas manuales.*

##### *5.4.3.5.1. Máquina-herramienta en general.*

#### Riesgos detectables.

En este apartado se considerarán, globalmente, los riesgos de prevención apropiados para la utilización de pequeñas herramientas accionadas por energía eléctrica como son taladros, amoladoras, cepilladoras metálicas, sierras de una forma muy genérica. Los riesgos detectables más comunes son:

- Cortes.
- Quemaduras.
- Golpes.
- Proyección de fragmentos.
- Caída de objetos.



- Contacto con la energía eléctrica.
- Vibraciones.
- Ruido.
- Otros.

#### Normas preventivas.

Las normas o medidas preventivas colectivas tipo son:

- Las máquinas-herramientas eléctricas, a utilizar en esta obra, estarán protegidas, eléctricamente, mediante doble aislamiento.
- Los motores eléctricos de las máquinas-herramientas estarán protegidos por la carcasa y resguardos propios de cada aparato, para evitar los riesgos de atrapamientos, o de contacto con la energía eléctrica.
- Las transmisiones motrices por correas estarán, siempre, protegidas mediante un bastidor que soporte una malla metálica dispuesta de tal forma que, permitiendo la observación de la correcta transmisión motriz, impida el atrapamiento de los operarios o de los objetos.
- Las máquinas, en situación de avería o de semi avería, se entregarán al Servicio de Prevención para su reparación.
- Las máquinas-herramientas, con capacidad de corte, tendrán el disco protegido mediante una carcasa anti proyecciones.
- Las máquinas-herramientas no protegidas, eléctricamente mediante el sistema de doble aislamiento, tendrán sus carcasas de protección de motores eléctricos conectadas a la red de tierras en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general de la obra.
- En ambientes húmedos, la alimentación para las máquinas-herramientas no protegidas con doble aislamiento, se realizará mediante conexión a transformadores a 24 V.
- Se prohibirá el uso de máquinas-herramientas, al personal no autorizado, para evitar accidentes por impericia.
- Se prohibirá dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro abandonadas en el suelo, o en marcha, aunque sea con movimiento residual, en evitación de accidentes.

#### Prendas de protección personal.

Las prendas de protección personal recomendables son:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de seguridad.
- Guantes de goma o de P.V.C.
- Botas de goma o P.V.C.
- Botas de seguridad.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- Gafas de seguridad anti proyecciones.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla filtrante.
- Máscara anti polvo con filtro mecánico o específico recambiable.

5.4.3.5.2. Herramientas manuales.

Riesgos detectables.

Los riesgos detectables más comunes son:

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Golpes en las manos y los pies.
- Cortes en las manos.
- Proyección de partículas.

Normas preventivas.

Las normas o medidas preventivas tipo son:

- Las herramientas manuales se utilizarán en aquellas tareas para las que hayan sido concebidas.
- Antes de su uso, se revisarán desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.
- Se mantendrán limpias de aceites, grasas y otras sustancias deslizantes.
- Para evitar caídas, cortes o riesgos análogos, se colocarán en portaherramientas o estantes adecuados.
- Durante su uso, se evitará su depósito arbitrario por los suelos.
- Los trabajadores recibirán las instrucciones concretas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.

Prendas de protección personal.

Las prendas de protección personal recomendables son:

- Cascos.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero o P.V.C.
- Ropa de trabajo.
- Gafas contra proyección de partículas.
- Cinturones de seguridad.



#### 5.4.3.6. Albañilería.

##### Generalidades

Las fases de trabajo en la ejecución de la albañilería son las siguientes:

- Tabiquería interior.
- Aperturas de rozas.
- Cerramiento exterior, remiendos huecos existentes, y aplacados.

##### Riesgos detectables.

Los riesgos detectables más comunes son:

- Caídas de personas al vacío.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Golpes contra objetos.
- Cortes por manejo de herramientas.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Sobreesfuerzo.
- Electrocutaciones.
- Atrapamientos por los medios de elevación y transporte.
- Los derivados del uso de elementos auxiliares, andamios y escaleras.

##### Normas preventivas.

Las normas o medidas preventivas colectivas tipo son:

- Los huecos existentes en el suelo permanecerán protegidos, para la prevención de caídas.
- Los huecos de una vertical, bajantes, serán destapados para el aplomado correspondiente, concluido el cual se comenzará el cerramiento definitivo del hueco, en prevención de los riesgos por ausencia generalizada o parcial de protecciones en el suelo.
- Se instalarán, en las zonas de peligro de caída desde altura, señales de, peligro de caída desde altura, y de, obligatorio utilizar el cinturón de seguridad.
- Todas las zonas en las que haya que trabajar, estarán suficientemente iluminadas. De utilizarse portátiles estarán alimentadas a 24 voltios, en prevención de riesgos eléctricos.
- A las zonas de trabajo se accederá siempre de forma segura, prohibiéndose los puentes de un tablón.
- Se prohibirá balancear las cargas suspendidas para su instalación en las plantas, en prevención de riesgos de caídas al vacío.





Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

- El material cerámico se izará a las plantas sin romper los flejes, con los que suministre el fabricante, para evitar riesgos por derrame de las cargas.
- El ladrillo suelto se izará apilado ordenadamente en el interior de plataformas de izar, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- La cerámica paletizada transportada con grúa, se gobernará mediante cabos amarrados a la base de la plataforma de elevación. Nunca directamente con las manos, en prevención de golpes, atrapamiento o caídas al vacío por péndulo de la carga.
- Se instalarán cables de seguridad entorno de los pilares próximos a la fachada para anclar, a ellos, los mosquetones de los cinturones de seguridad, durante las operaciones de ayuda a la descarga de cargas en las plantas.
- Se prohibirá lanzar cascotes directamente por las aberturas de la fachada y huecos del edificio.
- Se prohibirá trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas, si existe un riesgo de viento fuerte incidiendo sobre ellos, pudiéndose derrumbarse sobre el personal.
- Se prohibirá el uso de borriquetas en balcones, terrazas y bordes de forjado, si antes no se ha procedido a instalar una protección sólida contra posibles caídas al vacío.
- Los operarios que realicen, los trabajos de carga y descarga de materiales por medio del montacargas, dejarán colocada siempre en su correcta posición la defensa abatible del montacargas.
- Igualmente se adoptarán las medidas sobre andamios de mecano-tubo, para la ejecución de revestimientos en paramentos verticales o trabajos en interiores.
- Se prohibirá el empalme de conductores eléctricos en subcuadros eléctricos, instalando enchufes adecuados.
- Se prohibirá la utilización, de la plataforma elevadora del montacargas, para acceder los operarios a las diferentes plantas de la obra.

Prendas de protección personal.

Las prendas de protección personal recomendables son:

- Casco de polietileno.
- Guantes de PVC o de goma.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Botas de goma con puntera reforzada.
- Ropa de trabajo.



### **5.5. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN.**

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva, tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá esta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente), será desechado y repuesto al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representara un riesgo en sí mismo.

#### **5.5.1. Protección personal.**

Todo elemento de protección personal se ajustará a las Normas de Homologación del Ministerio de Trabajo (O.M. de 17-5-74, B.O.E. de 29-5-74) siempre que exista en el mercado.

En aquellos casos en que no exista la citada Norma de Homologación Oficial, sean de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

Las protecciones personales, conforme marca el capítulo VI Art. 41 de la ley 10/11/1.995, deberán los fabricantes asegurar la efectividad en condiciones normales, así como informar del tipo de riesgo al que van dirigidos.

La Dirección Técnica de obra con el auxilio del Servicio de Prevención dispondrá en cada uno de los trabajos en obra la utilización de las prendas de protección adecuadas.

El personal de obra deberá ser instruido sobre la utilización de cada una de las prendas de protección individual que se le proporcionen. En el caso concreto del cinturón de seguridad, será preceptivo que la Dirección Técnica de la obra proporcione al operario el punto de anclaje o en su defecto las instrucciones concretas para la instalación previa del mismo.

### **5.6. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA.**

Conforme marca el Capítulo VI Art. 41, de la Ley 10/11/1.995 BOE 269, deberán los fabricantes suministrar información sobre la correcta utilización, medidas preventivas y riesgos laborales que conlleve su uso normal, así como la manipulación inadecuada.

Las maquinas con ubicación fija en obra, tales como grúas torre y hormigonera serán las instaladas por personal competente y debidamente autorizado.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

El mantenimiento y reparación de estas máquinas quedará, asimismo, a cargo de tal personal, el cual seguirá siempre las instrucciones señaladas por el fabricante de las máquinas.

Las operaciones de instalación y mantenimiento deberán registrarse documentalmente en los libros de registro pertinentes de cada máquina. De no existir estos libros para aquellas máquinas utilizadas con anterioridad en otras obras, antes de su utilización, deberán ser revisadas con profundidad por personal competente, asignándoles el mencionado libro de registro de incidencias.

Especial atención requerirá la instalación de las grúas torre, cuyo montaje se realizará por personal autorizado, quien emitirá el correspondiente certificado de "puesta en marcha de la grúa" siéndoles de aplicación la Orden de 28 de junio de 1.988 o Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM 2 del Reglamento de aparatos elevadores, referente a grúas torre para obras.

Las máquinas con ubicación variable, tales como circular, vibrador, soldadura, etc. deberán ser revisadas por personal experto antes de su uso en obra, quedando a cargo de la Dirección Técnica de la obra con la ayuda del Servicio de Prevención la realización del mantenimiento de las máquinas según las instrucciones proporcionadas por el fabricante. El personal encargado del uso de las máquinas empleadas en obra deberá estar debidamente autorizado para ello, por parte de la Dirección Técnica de la obra proporcionándole las instrucciones concretas de uso.

### **5.7. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

La instalación eléctrica provisional de obra se realizará siguiendo las pautas señaladas en los apartados correspondientes de la Memoria Descriptiva y de los Planos, debiendo ser realizada por empresa autorizada y siendo de aplicación lo señalado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y Norma UNE 21.027.

Todas las líneas estarán formadas por cables unipolares con conductores de cobre y aislados con goma o policloruro de vinilo, para una tensión nominal de 1.1 voltios.

La distribución de cada una de las líneas, así como su longitud, secciones de las fases y el neutro son los indicados en el apartado correspondiente a planos.

Todos los cables que presenten defectos superficiales u otros no particularmente visibles, serán rechazados.

Los conductores de protección serán de cobre electrolítico y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por las mismas canalizaciones que estos. Sus secciones mínimas se establecerán de acuerdo con la tabla V de la Instrucción MIBT 017, en función de las secciones de los conductores de fase de la instalación.

Los tubos constituidos de P.V.C. o polietileno, deberán soportar sin deformación alguna, una temperatura de 60º C.



Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento, a saber:

- Azul claro: Para el conductor neutro.
- Amarillo/Verde: Para el conductor de tierra y protección.
- Marrón/Negro/Gris: Para los conductores activos o de fase.

En los cuadros, tanto principales como secundarios, se dispondrán todos aquellos aparatos de mando, protección y maniobra para la protección contra sobreintensidades (sobrecarga y corte circuitos) y contra contactos directos e indirectos, tanto en los circuitos de alumbrado como de fuerza.

Dichos dispositivos se instalarán en los orígenes de los circuitos, así como en los puntos en los que la intensidad admisible disminuya, por cambiar la sección, condiciones de instalación, sistemas de ejecución o tipo de conductores utilizados.

Los aparatos a instalar son los siguientes:

- Un interruptor general automático magnetotérmico de corte omnipolar que permita su accionamiento manual, para cada servicio.
- Dispositivos de protección contra sobrecargas y corto circuitos. Estos dispositivos son interruptores automáticos magnetotérmico, de corte omnipolar, con curva térmica de corte. La capacidad de corte de estos interruptores será inferior a la intensidad de corto circuitos que pueda presentar en el punto de su instalación.
- Dispositivos de protección contra sobrecargas y corto circuitos de los circuitos interiores tendrán los polos que correspondan al número de fases del circuito que protegen y sus características de interrupción estarán de acuerdo con las intensidades máximas admisibles en los conductores del circuito que protegen.
- Dispositivos de protección contra contactos indirectos que al haberse optado por sistema de la clase B, son los interruptores diferenciales sensibles a la intensidad de defecto. Estos dispositivos se complementarán con la unión a una misma toma de tierra de todas las masas metálicas accesibles. Los interruptores diferenciales se instalan entre el interruptor general de cada servicio y los dispositivos de protección contra sobrecargas y corto circuitos, a fin de que estén protegidos por estos dispositivos.

En los interruptores de los distintos cuadros, se colocarán placas indicadoras de los circuitos a que pertenecen, así como dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y la alimentación directa a los receptores.



## **5.8. ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD EN LA OBRA.**

### **5.8.1. Comisión de seguridad.**

El empresario deberá nombrar un Servicio de Prevención e Higiene en el Trabajo dando cumplimiento a lo señalado en el artículo 30 de la Ley 31/195 de Prevención de Riesgos Laborales, que determina en su párrafo 1 como obligación del Empresario la designación de uno o varios trabajadores preocuparse de las tareas de prevención de riesgos profesionales o, en su caso, constituir un Servicio de Prevención específico dentro de la empresa, o concertar dicho Servicio a una Entidad especializada, ajena a la misma.

Se entenderá como Servicio de Prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados. Para el ejercicio de sus funciones, el empresario deberá facilitar a dicho servicio el acceso a la información y documentación a que se refiere el apartado tres del artículo 30 de dicha ley.

Las funciones serán las indicadas en el artículo 30,31 y 32:

- El diseño, aplicación y coordinación de los planes y programas de actuación preventiva.
- La evolución de los factores de riesgo que pueden afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores en los términos previstos en el artículo 16 de dicha Ley.
- La determinación de las prioridades en la adopción de las medidas preventivas adecuadas y la vigilancia de su eficacia.
- La información y formación de los trabajadores.
- La prestación de los primeros auxilios y planes de emergencia.
- La vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos derivados del trabajo.

Será persona idónea para ello cualquier trabajador que acredite haber seguido con aprovechamiento algún curso sobre la materia y en su defecto, el trabajador más preparado, a juicio de la Dirección Técnica de la obra, en estas cuestiones.

### **5.8.2. Seguros de responsabilidad civil y todo riesgo en obra.**

Será preceptivo en la obra, que los técnicos responsables dispongan de cobertura en materia de responsabilidad civil profesional, asimismo, el contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia. El contratista viene obligado a la contratación de un Seguro, en la modalidad de todo riesgo a la construcción, durante el plazo de ejecución



de la obra con ampliación a un periodo de mantenimiento de un año, contado a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

### **5.8.3. Formación.**

Todo el personal que realice su cometido en las fases de cimentación, estructura y albañilería en general, deberá realizar un curso de Seguridad e Higiene en la Construcción, en el que se les indicaran las normas generales sobre Seguridad y Salud que en la ejecución de esta obra se van a adoptar.

Esta formación deberá ser impartida por los Jefes de Servicios Técnicos o mandos intermedios, recomendándose su complementación por instituciones tales como los Gabinetes de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Mutua de Accidentes, etc.

Por parte de la Dirección de la empresa en colaboración con la Dirección Técnica de la obra, se velará para que el personal sea instruido sobre las normas particulares que para la ejecución de cada tarea o para la utilización de cada máquina, sean requeridas. Esta formación se complementará con las notas, que de forma continua la Dirección Técnica de la obra pondrá en conocimiento del personal, por medio de su exposición en el tablón a tal fin habilitando en el vestuario de obra.

### **5.8.4. Reconocimientos médicos.**

Al ingresar en la empresa constructora todo trabajador deberá ser sometido a la práctica de un reconocimiento médico, el cual se repetirá con periodicidad máxima de un año.

- El reconocimiento médico será llevado a cabo por personal sanitario con formación acreditada.
- La vigilancia de la salud solo se llevará a cabo si el trabajador muestra su consentimiento.
- Se respetará siempre la intimidad, dignidad de la persona y confidencialidad de su estado de salud.
- Los resultados de la vigilancia, se comunicarán a los trabajadores, y no podrán ser usados con fines discriminatorios.
- Sin consentimiento del trabajador, la información médica no podrá ser facilitada al empresario.

## **5.9. OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS.**

### **5.9.1. De la propiedad.**

La propiedad, viene obligada a incluir el presente Estudio de Seguridad, como documento adjunto del Proyecto de Obra, procediendo a su visado por la OFICINA DE SUPERVISIÓN DE PROYECTOS.



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

### 5.9.2. De la empresa constructora.

La Empresa Constructora viene obligada a cumplir las directrices contenidas en el Estudio de Seguridad, a través del Plan de Seguridad y Salud, coherente con el anterior y con los sistemas de ejecución que la misma vaya a emplear.

### 5.9.3. De la dirección facultativa.

La Dirección Facultativa, considerará el Estudio de Seguridad, como parte integrante de la ejecución de la obra.

El presupuesto total de Seguridad y Salud del proyecto asciende a la cantidad de mil doscientos ochenta con catorce céntimos (1.280,14€).

Tabla 5.1

SEGURIDAD Y SALUD	Medición	P. Unitario	Total (€)
Seguridad y Salud	1,00		1.280,14€
TOTAL - SEGURIDAD Y SALUD.			<b>1.280,14€</b>

Boo de Piélagos, 2 de Septiembre de 2.021

Fdo.: César Blanco Portilla.





## **6. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.**



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

### 6.1. PRESUPUESTO DESGLOSADO.

A continuación, se detalla una relación valorada de las mediciones de la obra a realizar:

Tabla 6.1. Presupuesto desglosado.

Nº	Medición	Designación	Uds.	Precio unitario (€)	Subtotal (€)
1	Ud.	MÓDULO SOLAR DE 445 W. Módulo fotovoltaico monocristalino de 445 Wp, modelo TEISUN-S144/NH o similar, 166 células monocristalinas de alta eficiencia. 12 años de garantía del producto y 25 años de garantía lineal. Caja de conexiones IP 68 con cable de 1400 mm y 4 mm <sup>2</sup> . Tensión máxima del sistema 1000 Vdc. Medidas 2115x1052x40 mm. Peso 24 kg. Correctamente montado, instalado y probado.	120,00	160,00	19.200,00
2	Ud.	ESTRUCTURA SOPORTE PARA 42 MÓDULOS. Estructura soporte coplanar fabricada en aluminio aleación EN AW 6005.T6 (Aleación estructural), cumpliendo todas las normativas requeridas por la Unión Europea (Normativa Código técnico de la edificación y Eurocódigo 9). Tornillería Acero Inoxidable AISI 304 (A2-70). Fijación a forjado mediante Tornillo tirafondo con varilla roscada de 25 cm de acero inoxidable. Correctamente montada, instalada y probada.	120,00	90,00	10.800,00



3	Ud.	<p>INVERSOR DC/AC DE 50 KW. Inversor de conexión a red de 50 kW de potencia nominal modelo Solar Edge SE50K o equivalente. Rendimiento superior al 98%. Tensión máxima a la entrada 1.000Vdc. Seis entradas en DC conector MC4. Comunicación integrada. Dimensiones 940x315x260 mm. Correctamente montado, instalado y probado.</p>	1,00	7.200,00	7.200,00
4	Ud.	<p>OPTIMIZADOR DE POTENCIA PARA 2 MÓDULOS. Optimizador de potencia modelo SolarEdge P950 para 2 módulos solares. Potencia nominal DC de entrada 950W. Corriente máxima de entrada (Isc): 12,5A. Rendimiento máximo. 99,5 %. Categoría de sobretensión II. Corriente máxima de salida: 18A. Totalmente Instalado, probado y en funcionamiento.</p>	35,00	40,00	1.400,00
5	Ud.	<p>MATERIAL ELÉCTRICO. Material eléctrico para instalación solar compuesto de los siguientes componentes: Armario eléctrico fabricado en poliéster para protección en DC. 8 automatismos. Grado de protección IP45. Armario eléctrico fabricado en poliéster para protección en AC. 12 automatismos. Grado de protección IP45. Fusible DC de 25A, hasta 1000 Vdc. Interruptor Automático magnetotérmico de 4 polos de 80A. Interruptor Diferencial de 4 polos de 100A 300 mA, Clase A.</p>	1,00	2.600,00	2.600,00



Proyecto de instalación fotovoltaica para autoconsumo de 50 kW en las instalaciones de la piscina municipal de Renedo de Piélagos.

		<p>Cable monopolar RZ1-K (AS) 1000V de 10 mm<sup>2</sup> de sección para conexión de módulos a inversor.</p> <p>Cable monopolar RZ1-K (AS) 1000V de 25 mm<sup>2</sup> para salida AC trifásica a 400Vac. Bandeja de tipo rejilla cincado de 60x150mm para distribución del cableado.</p> <p>Se incluye pp. de accesorios y materiales, así como trabajos de anclaje y fijación, todo ello acorde con la reglamentación vigente.</p> <p>Partida totalmente ejecutada y probada.</p>			
6	Pa.	<p><b>SEGURIDAD Y SALUD.</b></p> <p>Medios materiales y humanos para el cumplimiento de la legislación en materia de Seguridad y Salud, durante el transcurso de las obras. Incluso importe Plan de Seguridad y salud redactado por Técnico competente. En cada capítulo se establece un % para el cumplimiento de las especificaciones de seguridad del estudio durante la ejecución de la obra, así como las medias a adoptar.</p>	1,00	1.280,14	1.280,14
7	Pa.	<p><b>GESTIÓN DE RESIDUOS.</b></p> <p>Estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos, y su gestión.</p>	1,00	193,81	193,81
8	Ud.	<p><b>INGENIERIA Y DIRECCIÓN DE OBRA.</b></p> <p>Dirección de las obras y redacción de Proyecto incluyendo su visado, gastos para la tramitación y contratación con la Compañía.</p>	1,00	2.200,00	2.200,00
<b>TOTAL PARTIDAS (€)</b>					<b>44.873,95</b>



<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>44.873,95 €</b>
13% de GASTOS GENERALES	5.833,61 €
6% de BENEFICIO INDUSTRIAL	2.692,44 €
<b>SUBTOTAL</b>	<b>53.400,00 €</b>
I.VA. 21%	11.214,00 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>64.614,00 €</b>

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de sesenta y cuatro mil seiscientos sesenta y cuatro euros (64.614€).

Boo de Piélagos, 2 de Septiembre de 2.021

Fdo.: César Blanco Portilla



## 7. BIBLIOGRAFÍA



[1] Guía profesional de tramitación del autoconsumo. IDAE. [sitio web]. [Última consulta 20 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://www.idae.es/publicaciones/guia-profesional-de-tramitacion-del-autoconsumo>

[2] SOLAREEDGE. Catálogo de equipos industriales para instaladores y EPC. [sitio web]. [Última consulta 12 Agosto 2.021]. Disponible en:

[https://www.solaredge.com/sites/default/files/commercial\\_catalogue\\_sp\\_eu.pdf](https://www.solaredge.com/sites/default/files/commercial_catalogue_sp_eu.pdf)

[3] INVERSOLAR. Ventajas de los módulos de célula partida. [sitio web]. [Última consulta 1 Septiembre 2.021]. Disponible en:

<https://inversolar.es/ventajas-de-los-modulos-de-celula-partida/>

[4] PVEASY. HALF-CUT CELL PANELS DOCUMENT. [sitio web]. [Última consulta 14 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://www.pveasy.com.au/blog/2018/7/panels-with-half-cut-cells>

[5] Decreto 65/2010, de 30 de septiembre, por el que se aprueban las Normas Urbanísticas Regionales. [sitio web]. [Última consulta 1 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://boc.cantabria.es/boces/verAnuncioAction.do?idAnuBlob=185781>

[6] Evolución del precio de la electricidad. [sitio web]. [Última consulta 10 Septiembre 2.021]. Disponible en:

<https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/precio-luz>

[7] Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. [sitio web]. [Última consulta 7 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-19242>

[8] Noticia de prensa aumento del recibo de la luz. Periódico El País. [sitio web]. [Última consulta 7 Septiembre 2.021]. Disponible en:

<https://elpais.com/economia/2021-08-30/el-gobierno-admite-que-el-recibo-de-la-luz-subira-este-ano-un-25-este-ano-pero-se-niega-a-fijar-precios-maximos.html>





[9] Noticia impulso a instalaciones solares. Europa Press. [sitio web]. [Última consulta 7 Septiembre 2.021]. Disponible en:

<https://www.europapress.es/asturias/noticia-industria-impulsara-instalacion-paneles-solares-equipos-generacion-eolica-sistemas-baterias-20210703132039.html>

[10] Tasa Interna de Retorno (TIR): definición, cálculo y ejemplos. [sitio web]. [Última consulta 5 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>

[11] Understanding PV System Losses, Part 4: Solar Panel Tilt, Solar Incidence Angle, and More. Autor Andrew Gong. [sitio web]. [Última consulta 26 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://www.aurorasolar.com/blog/understanding-pv-system-losses-part-4-tilt-orientation-incident-angle-modifier-environmental-conditions-and-inverter-losses-clipping/>

[12] Enemigos de la fotovoltaica – efecto LID. Amara-e. [sitio web]. [Última consulta 26 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://www.amara-e.com/efecto-lid-fotovoltaica/>

[13] Informe comparativa SOLAREEDGE PVsyst. ENERGY SIMULATION VALIDATION. SolarEdge Designer Review. (20 Sept 2.019). [sitio web]. [Última consulta 1 Julio 2.021]. Disponible en:

<https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-designer-simulation-validation-dnv-gl-report.pdf>

[14] Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. [sitio web]. [Última consulta 14 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://www.boe.es/buscar/pdf/2008/BOE-A-2008-2486-consolidado.pdf>



[15] Noticia subida precio de la Luz por encima de 140 €/MWh. El Economista. [sitio web]. [Última consulta 1 Julio 2.021]. Disponible en:

<https://www.eleconomista.es/energia/noticias/11375708/09/21/El-precio-de-la-electricidad-pulveriza-todos-los-records-y-se-dispara-a-14038-euros-el-megavatio-hora.html>

[16] Explicación parte financiera designer. [sitio web]. [Última consulta 18 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-designer-financial-analysis-features-application-note-row.pdf>

[17] Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. [sitio web]. [Última consulta 2 Agosto 2.021]. Disponible en:

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-20850>

[18] SOLAREGE. Installing the Power Optimizers. Curso Online. [sitio web]. [Última consulta 3 Septiembre 2.021]. Disponible en:

<https://elearning.solaredge.com/#/online-courses/f4573bf9-568b-4329-aba8-4ba3d7b471a8>